

Informe Final
Becas Promoción de la Investigación

**EVALUACIÓN DE LA CARGA MENTAL DE TRABAJADORES DE
PUESTOS DE TRABAJO EN COMPUTACIÓN CON ILUMINACIÓN
NATURAL Y ARTIFICIAL ALTERNATIVAS**

Unidades Ejecutoras :

Laboratorio de Ergonomía. UNCuyo

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda . CRICYT

Autor :

Dis. Ind. Rodriguez Erhart, Roberto Germán

Director :

Dis. Ind. Andrea Pattini

Mendoza, Marzo de 2006

AGRADECIMIENTOS
RESUMEN
PALABRAS CLAVE

INTRODUCCIÓN.
Definición del Problema
Justificación
Objetivos del Proyecto

MARCO TEÓRICO
Luz y Visión
Ergonomía y Confort Visual
Ergonomía y Carga Mental

MÉTODO
Estrategias y técnicas empleadas
Diseño del objeto de estudio
Recolección de datos – Instrumentos
Protocolo de Caracterización de Espacios de Trabajo
Prueba Piloto

RESULTADOS DE CAMPO

CICUNC

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

Agradezco a todos aquellos que contribuyeron

Al desarrollo de este trabajo.

A mi directora Andrea Pattini

A Leandro Ferrón

Y muy especialmente a mi colega y amiga Cecilia

RESUMEN

Los ordenadores se han introducido en todos los dominios de la vida cotidiana, obligando a las personas a adquirir conocimientos y habilidades específicas según sus necesidades y usos. Con la informatización del trabajo de oficina se han desarrollado aplicaciones para los requerimientos particulares de cada empresa debiendo los trabajadores familiarizarse con su manejo. Por otro lado, la luz es un factor fundamental en los ambientes donde se desarrollan estos trabajos en computación, debido a las altas exigencias de las tareas visuales que se realizan en ellos. Una buena respuesta de estos edificios a la luz natural no solo garantiza ahorros de energía eléctrica, sino también lograría minimizar la carga mental de los operadores.

El objetivo general del proyecto es avanzar en el conocimiento de las técnicas de Evaluación Ergonómica de Interfases Gráficas de Usuarios y examinar los efectos del ambiente lumínico (natural y artificial) en la carga total de trabajo en los operadores, aplicando el método NASA TLX y su derivado, el método IDV.

ABSTRACT

On one hand, computers have been introduced in our daily activities, and people had to learn specific skills in order to interact with them. Specific software has been developed for office workplaces and users have to familiarize with their interfaces. On the other hand, light is a clue environmental factor in that kind of workplaces due to the high visual demands that characterize working with visual displays. A proper lighting design in buildings guarantees energy saving and also would minimize users mental workload.

The general objective of this project is to improve the knowledge on Graphic Users Interfaces (GUI) Evaluation Techniques and examine the effects of Lighting Environment (Natural and Artificial) on operators global workload. In order to achieve these goals NASA TLX and its derivate, IDV Method have been applied.

PALABRAS CLAVE

Ergonomía – Carga Mental – Confort Visual

1. INTRODUCCIÓN

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La realización de cualquier trabajo requiere de la aplicación de diversas capacidades y destrezas físicas y mentales. Muchos trabajos parecen «cómodos y descansados», exentos de esfuerzos inadecuados por exceso o por defecto; sin embargo esto en ocasiones es aparente y no hay correspondencia con la percepción de quienes desempeñan tales trabajos, ni con las diversas molestias y cansancio que manifiestan.

La carga mental es un concepto psicológico abordado en sus orígenes por la Psicología del Trabajo. Los primeros estudios específicos de Carga Mental pertenecen a Jahns (1973) y Rolf (1976). En la línea Francesa los primeros estudios pertenecen a Leplat (1977). Etimológicamente la palabra carga proviene del latín *Carrus*: vehículo de transporte terrestre. Su sustantivo femenino *Carga* significa aquello que puede ser soportado por una persona o cosa. Respecto a las definiciones dadas por autores de Ergonomía estudiados, se optó por la definición de Mura (1998)

“A partir de Laville, Kalsbeek y Leplat, se puede afirmar que la carga del trabajo es una relación entre factores impuestos por la tarea, la interfaz, los instrumentos y el ambiente, en conjunto con las actividades realizadas y la capacidad del trabajo del trabajador.”

El abordaje de Moura es interesante y pertinente para este trabajo porque considera a la carga mental desde una perspectiva multidimensional en una situación real de trabajo. A propósito de esto, se observó que existen muchos trabajos sobre carga mental de origen militar, principalmente orientados al sector aeroespacial y aeronáutico, con experiencias de laboratorio en simuladores. Sin embargo como se puede comprobar en las referencias bibliográficas es reciente y poco explorada la influencia de la carga mental en actividades realizadas por civiles y operadores de sistemas informáticos en oficinas. La necesidad de estudiar la carga mental en trabajadores de oficina es una tendencia confirmada por la gran cantidad de estudios recientes que se han realizado.

En un trabajo reciente de Hart (1999) quien es una de las creadoras del Método NASA TLX - muy acotado todavía al ámbito aeroespacial - se concluye algo que puede parecer evidente: que la medición pura y simple de carga mental no dice nada al Ergónomo si no se realiza un estudio y observación de la actividad. Es preciso conocer las fuentes de carga mental en el sistema persona - máquina - ambiente - tarea. Por ello es que se decidió realizar experiencias de medición de Carga Mental en situaciones reales y no de laboratorio.

Aquí surgió la primera pregunta, ¿cómo puede medirse la Carga mental del trabajo? ¿Qué Métodos existen y cual es el más apropiado para los escasos recursos con los que se cuenta? ¿Pueden usarse en situaciones reales de trabajo?

Tomas Alba Edison patentó la primera lámpara de incandescencia eléctrica hace mas de 100 años. Este desarrollo tecnológico tuvo una rápida difusión comenzando una era de dependencia de la civilización hacia la energía eléctrica. Los pioneros de la iluminación tendieron primariamente a iluminar de manera eficiente y económica, basados mas en mediciones físicas y fotométricas que en la respuesta emocional a la luz. Más recientemente, las investigaciones se han dirigido hacia estos factores subjetivos para lograr un diseño de la iluminación de cada espacio acorde a las necesidades de los usuarios.

Dos A. R. Bean y R. I. Bell (1992) presentaron el Índice CSP (Confort / Satisfacción / Performance) , cuyo principio es que solo cuando estos factores se presentan de manera correcta y compensada el entorno es lumínicamente adecuado. Este índice consta de una escala de 1 al 100 y se calcula a partir de la medición de parámetros fotométricos (luminancia, iluminancia, etc.) y técnicas de registro subjetivo como los diferenciales semánticos. Las intervenciones dirigida por ambos investigadores se realizaron en oficinas de la empresa Siemens. La implementación de este índice fue descartada porque todavía es bastante discutido este método así como la validez de sus resultados. Sin embargo se rescata la incorporación de las opiniones subjetivas como parte global de la evaluación del ambiente lumínico.

Surgió la necesidad de diseñar un protocolo para caracterizar ambientes de trabajo teniendo en cuenta los parámetros fotométricos y percepciones subjetivas del ambiente lumínico de los trabajadores. Este protocolo debería también tener en cuenta las características del espacio, del

equipamiento y del trabajador para lograr una descripción precisa según el modelo clásico de la ergonomía del Sistema Hombre – Máquina.

Se menciona la gran dependencia de la civilización a la energía eléctrica. El ahorro de la misma es uno de los mas citados puntos a favor de la iluminación natural. Los beneficios de la iluminación natural para el ser humano y en ambientes de trabajo han sido ampliamente estudiados, sin embargo la incorporación de estas fuentes de luz sin criterio y sin “educar” a los usuarios sobre sus ventajas y desventajas podría resultar contraproducente. Se analizó esta cuestión para conocer los pros y contras existentes en ambientes de trabajo de oficinas con aportes de luz natural. A partir de esto, se planteo otra pregunta:

En que medida la iluminación del ambiente (natural y artificial) beneficia o perjudica al confort y productividad de los trabajadores en situaciones reales de trabajo?. Si hay perjuicio, puede minimizarse? Cuales son las causas?

Para concluir, y llegando a la cuestión de fondo, se observó que si bien tanto la Carga Mental como el Confort Visual son temas recurrentes poco se ha explorado acerca de la relación entre ambas. Es decir, se da por cierto que condiciones ambientales (Iluminación, Temperatura, Ruido) desfavorables dificultarán la realización de una tarea en términos de eficiencia y eficacia (mondeloBM). Lo que motiva a este trabajo es conocer como variaría la carga mental de un trabajador en función de las variaciones en su confort visual.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Dentro de las actividades que realiza el hombre a lo largo de su vida, una de las que ocupa la mayor parte de ella, no sólo en el tiempo sino también en el espacio, es el trabajo. En este sentido la actividad laboral, para que pueda desarrollarse de una forma eficaz, precisa que la luz (característica ambiental) y la visión (característica personal) se complementen, ya que se considera que el 70% de la información sensorial que recibe el hombre es de tipo visual, es decir, tiene como origen primario la luz.

La iluminación es uno de los factores ambientales más estudiados desde los orígenes de la Ergonomía conformando junto a la temperatura, el sonido y la calidad del aire la llamada Ergonomía Ambiental.

La importancia de trabajar en unas condiciones físicas (espaciales, acústicas, climáticas, etc.) adecuadas se hace evidente cuando se necesita crear un entorno que facilite la percepción, la atención y, en definitiva, la realización de tareas con exigencias de trabajo mental; así se facilita a la persona la detección de señales e informaciones (visuales, acústicas, táctiles, etc.) que necesite para el desempeño del trabajo. Los niveles adecuados de iluminación y contraste en el puesto de trabajo, así como la ausencia de deslumbramientos, contribuyen al bienestar en el trabajo, en tanto en cuanto que no se solicitan esfuerzos visuales innecesarios para el nivel de percepción (agudeza perceptiva) que requiere la tarea. Además, la fuente de luz puede ser de importancia para la sensación de bienestar de las personas prefiriéndose, en la medida de lo posible, la iluminación natural frente a la artificial.

Por otro lado, según WISNER 1997¹ “Toda a actividad, inclusive el trabajo, tiene al menos tres aspectos: físico, cognitivo y psíquico, cada uno de ellos puede determinar una sobrecarga, todos están interrelacionados y son bastante frecuentes. Aunque no sea necesario que una gran sobrecarga en uno de los aspectos sea acompañada por una alta carga en los restantes dominios”.

Sobre la base de este concepto, podemos afirmar que de las transformaciones más importantes en el mundo del trabajo es el advenimiento del trabajo mental. Aceptando que en todo trabajo están presentes estos tres aspectos, la introducción de la informática y automatización de procesos genera un distanciamiento entre el ser humano y el objeto de trabajo que puede dar lugar a niveles de exigencia que van más allá de las capacidades humanas, en concreto, de las capacidades cognitivas y de toma de decisiones. La introducción de nuevas tecnologías si bien produciría un supuesto alivio en el aspecto físico produce un aumento de la exigencia cognitiva. Aunque el trabajo realizado con equipos que incluyen pantallas de visualización de datos (PVD's) no presenta graves riesgos de accidente o enfermedad profesional, puede producir en los usuarios una serie de trastornos si los correspondientes puestos no están debidamente acondicionados. Estos trastornos (dolores de espalda, cuello, brazos y manos, así como problemas visuales, fatiga mental, etc.) pueden afectar a un colectivo realmente grande de usuarios. En este Trabajo nos concentraremos en los problemas de fatiga mental y confort visual.

¹ WISNER, A. **A inteligência no trabalho: Textos selecionados de ergonomia**. São Paulo: Fundacentro, 1997.

En primer lugar, el desarrollo tecnológico, sobre todo de la informática, ha hecho que los artefactos que se diseñan hoy tengan un nivel de automatismo que les hace candidatos a ser considerados como sistemas cognitivos por si mismos, casi al mismo nivel que los seres humanos, en el sentido de que tienen una dinámica propia que es independiente muchas veces de la actuación que los seres humanos tienen sobre ellos. En segundo lugar, se considera que la conducta humana está modelada por el contexto socio-técnico en el que ocurre y no sólo por las peculiaridades del sistema interno de procesamiento de la información humano. La diferencia fundamental entre el ser humano y el artefacto, considerados ambos como sistemas cognitivos, es que el artefacto es diseñado por el ser humano, mientras que éste no se diseña y se modifica por un proceso que llamamos aprendizaje.

En la actualidad, la evaluación de la carga mental es un aspecto central en la investigación y el desarrollo de sistemas hombre-máquina que permitan obtener grados más altos de bienestar, satisfacción, eficacia y seguridad en el trabajo, objetivos fundamentales de la ergonomía.

Por Carga Mental de Trabajo se entiende la diferencia entre las demandas cognitivas de un puesto de trabajo o una tarea y la capacidad de atención del trabajador. Según MORAY² la carga mental experimentada por un trabajador es una función compleja y personal donde intervienen las características de la tarea y esfuerzo invertido para la realización de una tarea, que depende de la motivación y otros factores idiosincrásicos. En este sentido, existe un acuerdo general en admitir que la «carga mental» es un concepto multidimensional. Aunque se ha propuesto un número variable de dimensiones, parece existir cierto acuerdo en que la carga, fundamentalmente la subjetiva, se debe a tres grandes áreas o fuentes. La primera englobaría todos los aspectos relativos a la presión temporal de la tarea (tiempo disponible, tiempo necesitado). La segunda estaría formada por variables que hacen referencia a la cantidad de recursos de procesamiento que demanda la tarea (mental, sensorial, tipo de tarea, etc.). Por último, la tercera dimensión general de carga se relacionaría con aspectos de naturaleza más emocional (fatiga, frustración, nivel de estrés, etc.).

Los procedimientos subjetivos de estimación de Carga Mental asumen que un mayor gasto de capacidad está asociado con los sentimientos subjetivos de esfuerzo, y que éstos pueden ser evaluados adecuadamente por los individuos. Existe una gran variedad de procedimientos subjetivos que se han

² MORAY, N. Mental Workload Since 1979, **International Reviews of Ergonomics**, 2,p. 123-150, 1988.

aplicado en la evaluación de la carga mental (Escala de Cooper-Harper, SWAT (Subjective Workload Assessment Technique) , NASA-TLX (Task Load Index)³ y WP (Workload Profile). Por sus características particulares (mínimos requisitos de implementación, elevada aceptación por los trabajadores, validez y fiabilidad probada empíricamente, etc.) los instrumentos subjetivos son los utilizados con más frecuencia en contextos aplicados ya que ofrecen la ventaja frente a los métodos objetivos de valoración psicofisiológica de no ser intrusivos porque suelen aplicarse una vez se ha realizado la tarea

Millones de personas en el mundo están sentadas hoy ante pantallas electrónicas y afrontan las ventajas y desventajas del desarrollo en la sociedad contemporánea. En los Estados Unidos, por ejemplo, la relación entre ordenadores y trabajadores en oficinas ha aumentado drásticamente, de 1:30 a principios de los 70 a 1:5 a principios de la década del 90, y sigue creciendo⁴

El continuo incremento de PTC en el mundo del trabajo en general y en las oficinas en particular se ha hecho frecuentemente con ausencia de criterios ergonómicos, por lo que las quejas que refieren los operadores vienen motivadas usualmente como consecuencia de un mal diseño en general del puesto de trabajo; Si bien la mayoría de los estudios y opiniones coinciden en señalar que la utilización de las pantallas catódicas de datos no entraña graves riesgos para la salud,, pueden ser causa de diversos trastornos que deben ser evitados, como el Discomfort Visual.

Definimos al nivel de Confort Visual como la medida en que la iluminación de un espacio cubre las expectativas de una persona y permite que su sistema visual trabaje confortablemente. Síntomas de Discomfort Visual son: sensación de vista cansada; hipersensibilidad a la luz; picores, irritación y enrojecimiento en conjuntiva y párpados; mareos; lagrimeo; visión borrosa o doble; dolor de cabeza; etc. ⁵

El display del terminal (VDT) en un Puesto de Trabajo en Computación (PTC) es un medio de comunicación bilateral entre el operador y la computadora y esta comunicación es esencialmente visual; la entrada de datos a través del teclado es visualizada en la pantalla, así como las respuestas del sistema, el operador debe reconocer letras y símbolos sobre el teclado y en muchas ocasiones leer de documentos. Se calcula que un operador de PTC

³ NASA Task Load Index (NASA-TLX) iac.dtic.mil/hsiac/products/tlx/tlx.html

⁴ KOHN, M. "Lighting Offices Containing VDTs," LD+A ,1988

⁵ LEDESMA, MJ y otros "Pantallas de visualización de datos (PVD): Condiciones de trabajo y *fatiga informática* " Med Segur Trab, 1993

realiza en cada jornada entre 12 mil y 33 mil movimientos de cabeza y ojos y entre 4 mil y 17 mil reacciones de la pupila, de ahí la aparente fatiga visual.

La introducción de VDT como instrumento de trabajo implica una especial atención a las condiciones de iluminación de estos puestos de trabajo: Los problemas aparecen debido a que las VDT han sido ubicadas en el escenario donde se desarrollaban y/o se desarrollan las tareas de oficina tradicionales, sin tener en cuenta que ambos tipos de trabajo (oficina tradicional y trabajo con VDT) requieren condiciones de iluminación diferentes.

Para medir la Carga Mental y el Confort Visual de los Trabajadores se optó por el Método NASA TLX, y a partir del mismo se desarrolló un instrumento de Medición de Confort Visual llamado IDV (Índice de Discomfort Visual).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- El objetivo general de este proyecto es avanzar en el conocimiento del desempeño de trabajadores de Puestos de Trabajo en Computación (PTC) y establecer relaciones con el uso de la iluminación natural y artificial en espacios destinados a trabajo con ordenadores.

1.3.2 Objetivos específicos

- Establecer una técnica de medición de las condiciones de iluminación en los ambientes de trabajo con PTC
- Monitorear la disponibilidad de iluminación natural en los ambientes con PTC en Mendoza, para poder determinar en modo efectivo cual es el aporte lumínico de los mismos incluyendo el comportamiento de los ocupantes de los edificios.
- Efectuar las comparaciones con las mediciones realizados en ambientes de trabajo con computadoras que cuenten con diferentes aportes de iluminación natural.
- Examinar los efectos de la iluminación natural en el comportamiento humano mediante evaluaciones de Confort Visual y Carga Mental, y su

relación con los niveles recomendados en normas. Establecer una primera relación entre la iluminación y la Carga mental de los usuarios de ordenadores en oficinas.

- Elaborar guías y recomendaciones dirigidas a diseñadores, proyectistas y usuarios para el uso eficiente de iluminación natural y artificial de espacios de trabajo con computadores.

1.4 HIPÓTESIS

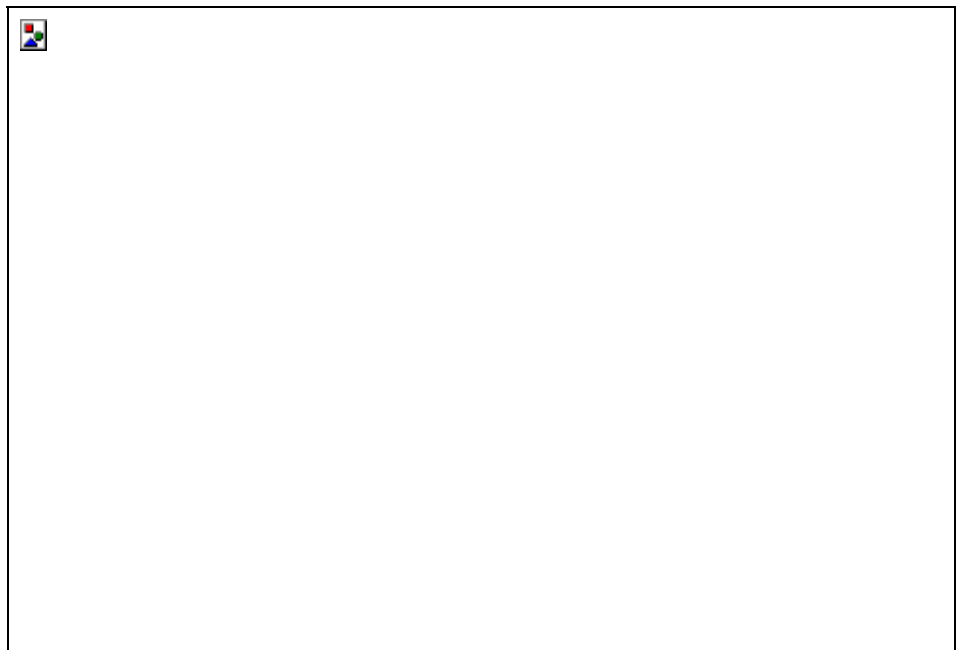
- Los efectos negativos provocados por el diseño inadecuado de iluminación natural, o la ausencia total de la misma se manifiestan sobre los seres humanos especialmente si deben desarrollar tareas de alta exigencia visual y mental, como las presentes en los PTC con interfases gráficas.
- Las condiciones deficientes de iluminación producen efectos nocivos en términos de confort visual sobre los usuarios de interfases gráficas con la consiguiente disminución en la eficiencia de las tareas desarrolladas.
- Las condiciones deficientes de iluminación (natural y artificial) determinarán grados de insatisfacción por parte del usuario con su actividad y su interfaz gráfica.

2. MARCO TEÓRICO

Este apartado tocará brevemente aspectos de Luminotecnia, Ergonomía Visual y Ergonomía del Trabajo Mental fundamentales para este trabajo. Los instrumentos de recolección de datos utilizados y las experiencias realizadas se basan en las conclusiones resultante del análisis de este marco teórico. El producto de este análisis es el Protocolo de Caracterización de Espacios de Trabajo.

2.1 Luz y visión

La luz es una forma particular y concreta de energía que se desplaza o propaga por medio de perturbaciones periódicas del estado electromagnético del espacio; es lo que se conoce como "energía radiante". Existe un número infinito de radiaciones electromagnéticas, que conforman el espectro electromagnético y suele clasificarse en función de sus longitudes de onda. Las radiaciones visibles por el ser humano ocupan una franja muy estrecha comprendida entre los 380 y los 780 nm (nanómetros).



Extraído de NTP 211: "Iluminación de los centros de trabajo"
Centro Nacional de Condiciones del Trabajo

Por lo tanto se puede definir a la luz como "la energía radiante que es capaz de excitar la retina de y producir, en consecuencia, una sensación visual, desencadenando el proceso de percepción visual".⁶ (libro de andrea)

2.1.1 Magnitudes y Unidades

Si partimos de la base de que para poder hablar de iluminación es preciso contar con la existencia de una fuente productora de luz y de un objeto a iluminar, deberán aclararse algunos conceptos que serán utilizados a lo largo de este trabajo.

Las propiedades de emisión de una fuente se *cuantifican* de diversas maneras, a los efectos de establecer relaciones matemáticas que describan con precisión el comportamiento de las fuentes lumínicas y las superficies iluminadas.

La intensidad de la luz emitida por una fuente (radiaciones con longitudes de onda en el espectro visible) se cuantifica a través de la unidad denominada **candela (cd)**, cuya principal ventaja es que, por definición, puede establecerse con gran precisión de manera experimental: un centímetro cúbico de platino incandescente (~2043 °K) emite luz a una intensidad de 60 cd.

En la práctica, una mejor expresión de las propiedades de emisión de una fuente la brinda el **lumen (lm)**, que expresa el **flujo lumínico** o cantidad de luz que emite la fuente hacia el espacio circundante, y es análogo al *caudal* en el estudio de los líquidos. Aunque estas descripciones cuantitativas de las fuentes son importantes como parámetros para su selección, es la capacidad para iluminar las superficies del entorno circundante lo que presenta particular interés a los efectos de su utilización práctica.

El **lux (lx)** expresa el flujo luminoso que alcanza una superficie por unidad de medida o **intensidad de iluminación**; por ejemplo, **lx, [lm/m²]**. En general se usa el término nivel de iluminación o iluminación como sinónimo de iluminancia. La iluminancia hace referencia a un plano determinado, y por definición es independiente del tipo de superficie sobre la que incide el flujo lumínico. En condiciones ideales (fuente puntual), la intensidad de iluminación disminuye con el cuadrado de la distancia a la fuente. Este parámetro

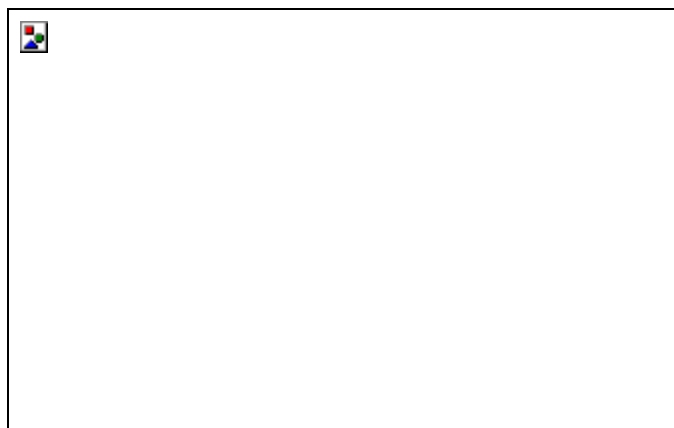
⁶ (LILLO JOVER, Julio Ergonomía: Evaluación y diseño del entorno visual. Psicología y educación. Alianza Editorial. España)

puede medirse directamente con instrumentos electrónicos denominados *luxómetros*, en el sitio iluminado y bajo condiciones tan diversas como lo requiera el estudio luminotécnico. Por su sencilla medición es el parámetro más comúnmente utilizado.

Para una fuente extendida, no es directamente aplicable el concepto de intensidad luminosa. Sin embargo, una fuente extensa puede considerarse como un conjunto de fuentes puntuales. La **Luminancia** es una característica propia de una fuente de luz o de una superficie iluminada en una dirección dada. Es de singular importancia pues es la que aprecia el ojo y la que produce en el órgano visual la sensación de claridad: la mayor o menor claridad con que vemos los objetos igualmente iluminados depende de su luminancia. El concepto de luminancia puede aplicarse a cualquier superficie que está emitiendo o reflejando luz. Su unidad de medida es la candela por m² (cd/m²)

2.1.2 La Visión

Un estímulo visual es procesado por un sistema de receptores y codificadores que componen el sistema visual. Este procesamiento incluye una etapa óptica, que permite la formación de imágenes en la retina, la fotorecepción que hace posible el registro de dicha imagen en la retina y el procesamiento neuronal de la imagen que finaliza en el cerebro. . El órgano encargado de realizar esta transformación de la luz en impulsos nerviosos capaces de generar sensaciones es el ojo. Sintéticamente podemos describir al ojo de la siguiente manera:



*Extraído de NTP 211: "Iluminación de los centros de trabajo"
Centro Nacional de Condiciones del Trabajo*

Una pared de protección que protege de las radiaciones nocivas. La transmitancia del ojo varía con la longitud de onda y la edad. . En ojos jóvenes la retina recibe radiación en un rango de los 380 a 950 nm. En promedio un porcentaje del 70 a 85% del espectro visible llega a la retina en el

caso de ojos jóvenes. Con la edad hay una reducción general en la transmitancia para todas las longitudes de onda, combinada con una reducción cuatro veces mayor para las longitudes de onda cortas por los cambios que sufre el cristalino.

Un sistema óptico que tiene como misión reproducir sobre la retina las imágenes exteriores. Este sistema se compone de córnea, humor acuoso, cristalino y humor vítreo. El iris es un diafragma que controla la cantidad de luz que entra en el ojo.

La retina es fina película sensible a la luz sobre la que se proyecta la imagen exterior. En la retina se encuentran dos tipos de elementos sensibles a la luz que se encargan de transformar la energía luminosa en energía eléctrica: los bastones y los conos.

Los bastones poseen un solo tipo de foto pigmento, por ello no son sensibles al color y su máxima sensibilidad se encuentra alrededor de los 507 nm. En cambio los conos pueden ser de tres tipos según el foto pigmento que poseen, siendo sensibles a las longitudes de onda largas (rojo), medias (verde) y cortas (azul). La máxima sensibilidad integral de los conos está en los 555nm. Los conos son responsables de la visión del color. La densidad de los receptores es mayor en la fovea o centro de la retina, por ello al mirar un objeto el ojo gira de manera de posicionarlo en esta zona. Los bastones predominan en la periferia, ello es sabido por los astrónomos aficionados que acostumbran a hacer observaciones nocturnas con el "rabillo" del ojo.

2.1.3 Características funcionales del sistema visual humano.

Sensibilidad del ojo: Es quizás el aspecto más importante relativo a la visión y varía de un individuo a otro. La sensibilidad del varía también según la longitud de onda. Si el ojo humano percibe una serie de radiaciones comprendidas entre los 380 y los 780 nm, la sensibilidad será baja en los extremos y el máximo se encontrará en los 555 nm.

En el caso de niveles de iluminación débiles esta sensibilidad máxima se desplaza hacia los 500 nm. Cuando en una escena la luminancia no supera los 10^{-2} cd/m² la visión del ojo es de tipo escotópica. La adaptación a la oscuridad suele llevar unos 30 minutos. Si la luminancia de la escena supera los 10 cd/m² la visión se produce completamente a través de los conos, y se denomina fotópica. El siguiente gráfico sintetiza el rango dinámico de adaptación del sistema visual.

Luminancia	Tarea	Función Visual
10^{-6} 10^{-3}	Umbral Absoluto Pobre agudeza visual. Sin visión del Color	Escotópica
10^{-3} 10^{-2} 1 10^1	Lectura con Dificultad	Mesópica
10^1 10^6	Buena Agudeza Visual y Visión del Color	Fotópica

En el rango intermedio de luminancias, los dos sistemas fotorreceptores son responsables de la visión. (Visión mesópica) En este rango se presenta un fenómeno llamado efecto Purkinje, en el cual la claridad de los rojos aumenta respecto a la de los azules, y se debe al cambio gradual de las contribuciones de los receptores conos y bastones a medida que la luminancia cambia en el rango mesopico.

La adaptación a la luz y la oscuridad: La adaptación es el proceso por el cual el sistema visual cambia su sensibilidad a diferentes valores de luminancia. Este proceso implica una fase rápida, de tipo neuronal, a la que le sigue un ajuste del tamaño de la pupila y finalmente una fase lenta determinada por el tiempo que necesitan los procesos fotoquímicos en llegar al estado de equilibrio.

Cuando las luminancias iniciales y finales están en la región fotópica, la adaptación es de unos minutos, ya que solo los conos están implicados, de igual manera, si ambas luminancias están en la región escotópica la adaptación también será de unos minutos.

Cuando la adaptación es a la oscuridad, es decir desde la región fotópica a la escotópica el proceso puede tomar cerca de una hora, debido a la regeneración de los foto pigmentos en los receptores. En cambio, si la adaptación de un escenario oscuro a uno claro, el proceso es rápido, con una duración de unos 5 a 10 minutos.

Agudeza Visual: Es el menor detalle que puede ser resuelto por el sistema visual humano. Se define como el "mínimo ángulo bajo el cual se pueden distinguir dos puntos distintos al quedar separadas sus imágenes en la retina"; para el ojo normal se sitúa en un minuto la abertura de este ángulo.

Suele expresarse a través de un cociente a partir del *Test de Snellen*. Por ejemplo una agudeza de 6/8. significa que el sujeto puede leer a una distancia de 8 m lo que un sujeto estadísticamente normal puede leer a 6 m. La agudeza visual mejora con la luminancia de adaptación. A medida que las condiciones de iluminación aumentan desde niveles escotópicos a fotópicos la agudeza visual aumenta. La agudeza visual varía drásticamente con la edad, especialmente a partir de los 40 años cuando empieza un empeoramiento, y las diferencias entre distintos observadores es cada vez mayor.

Acomodación: El sistema visual puede ver con nitidez objetos lejanos y cercanos, es decir puede modificar la distancia focal del cristalino y así variar su poder refractivo. Este mecanismo se denomina acomodación. Cuando el ojo forma una imagen en la retina de un objeto que esta en el infinito, se dice que está en reposo. Si, en cambio forma la imagen de un objeto cercano, el músculo ciliar actúa sobre el ojo y lo abomba (varía la curvatura del cristalino). El punto más lejano que puede enfocar un ojo humano es el punto remoto y está en el infinito. El más cercano es el punto próximo y varía con la edad. Para una persona normal adulta es de 25 cm.

2.2 Iluminación natural

El uso de la luz natural como recurso primario de luz en edificios ha sido de interés en lo concerniente a la conservación de la energía porque se asume que permite minimizar el uso de electricidad para iluminación. No obstante, es difícil justificar el costo de la luz natural sobre las bases de la energía ahorrada: Una pared que tiene ventanas cuesta más construirla y mantenerla que otra sin ellas. Estos costos pueden ser quitados para reducir los costos de operación del edificio. No obstante, es considerado que la presencia de ventanas tiene un efecto positivo sobre el valor de renta de un espacio. Este texto examina los beneficios y problemas de la luz natural, y de las ventanas como el método más usual para dar luz natural.

Físicamente, la luz natural es solo otro tipo de radiación electromagnética en el rango visible. Recursos de energía eléctrica pueden ser contruidos muy semejantes al espectro de luz natural, pero no pueden imitar las

variaciones en su espectro a diferentes horas, en estaciones diferentes, y bajo diferentes condiciones climáticas. Psicológicamente, la luz natural es un estimulante efectivo para el sistema visual humano y su sistema circadiano. Además de los beneficios de disponer del estímulo visual a través de la ventana, un paisaje o vista.

Diferentes condiciones de iluminación pueden cambiar el estado de ánimo de los ocupantes en un edificio. En esto influyen las ventanas con su aporte de luz natural y la vista al exterior que proporcionan en los lugares de trabajo, siempre y cuando ellas no provoquen discomfort visual o térmico o pérdida de privacidad. Si las ventanas provocan un mejoramiento en el humor depende de preferencias y expectativas individuales.

El sistema circadiano es una plataforma desde la cual los humanos operan para ejecutar toda actividad. El ciclo luz-oscuridad es uno de los estímulos más potentes para regular el sistema circadiano. Exponerse a la luz durante el circadiano noche puede invertir el ciclo e incrementar el estado de alerta. El rendimiento durante el circadiano noche es peor que durante el circadiano día debido a la disminución en los lapsos de atención. El espectro de luz natural es mejor que la mayoría de los recursos eléctricos para regular este sistema.

El rendimiento límite de las tareas visuales está determinado por el estímulo de la misma en el sistema visual. La luz natural tiene mayor probabilidad de maximizar el rendimiento visual que la mayoría de las formas de energía eléctrica porque tiende a ser entregada en mayores cantidades con un espectro que asegura excelente color de lectura.

El rendimiento visual varía con el tamaño y los detalles en la tarea, y la iluminancia retiniana provista por la iluminación. Durante un amplio rango de medidas de contrastes e iluminancias no hay cambios significativos en el rendimiento. Pero cuando algunos de estos factores desciende lo suficiente, el rendimiento se deteriora dramáticamente.

No obstante, hay una pequeña estabilidad en los cambios de humor para las mismas condiciones de iluminación. Para las mismas condiciones de iluminación, la dirección en los cambios de humor variará individualmente con las preferencias de la persona y el género.

Física y psicológicamente, la luz natural es un recurso más de la iluminación. Cómo la luz natural influye sobre el rendimiento depende de cómo esta es entregada. Un buen o pobre rendimiento de las tareas dependen de la cantidad de luz entregada y si el brillo, las sombras o los reflejos de velo son producidos. La luz natural puede causar discomfort visual por brillos y distracción, y puede disminuir el estímulo de la tarea presente en el sistema visual produciendo reflexiones de velo o sombras. La efectividad de la luz natural para el rendimiento visual dependerá de cómo esta es provista. La misma conclusión se aplica a la luz eléctrica. La gente tomará acciones para reducir o eliminar la luz natural si esta causa discomfort o aumenta la dificultad de las tareas.

2.3 Iluminación Artificial

En un lapso de cien años, la energía eléctrica se ha convertido sin lugar a dudas en la base de los sistemas de iluminación artificial. Definimos luminaria como el dispositivo que contiene y hace operativas a las lámparas que aportan luz al entorno del trabajador. Las luminarias además de proporcionar soporte, protección y conexión eléctrica a las lámparas, permiten distribuir la luz generada.

Para el Diseño Industrial una luminaria es un objeto de uso práctico. Por ello, las características ópticas de la misma constituyen sólo una parte de los factores a considerar; la otra parte no considerada en el análisis de las luminarias se vincula a las necesidades y aspiraciones de las personas que harán uso de dichas ventajas tecnológicas. Es en este último campo donde la evaluación *cualitativa* resulta efectiva, ya que considerar a la persona humana implica factores emocionales y condicionamientos culturales. El estudio ergonómico de la iluminación se nutre de las mediciones precisas que aporta la antropometría, la fotometría y la fisiología de la visión; pero la planificación y el diseño de sistemas de iluminación ergonómicamente óptimos debe abordar, tanto como sea posible, al ser humano en su totalidad.⁷). Este enfoque totalizador se presenta como una alternativa a desarrollar en futuros trabajos, ya que escapa a los lineamientos planteados para este proyecto.

Dejando de lado el enfoque propuesto en el párrafo anterior, los diferentes sistemas de iluminación pueden clasificarse según la manera que distribuyen la luz en directas, difusas o indirectas. La comisión CIE propone la

⁷ PALACIOS, E – MARINCOFF, G “Diseño Ergonómico de Luminarias” Ponencia en las *Jornada de Ergonomía del Producto 1997*

siguiente clasificación según el porcentaje de luz emitida que abandona la luminaria respecto a la horizontal.

Denominación	Flujo sobre la horizontal	Flujo bajo la horizontal
Directa	0 - 10%	90 – 100%
Semi Directa	10 – 40%	60 – 90%
Difusa	40 – 60 %	40 – 60 %
Semi Indirecta	60 – 90 %	10 – 40 %
Indirecta	90 – 100 %	0 – 10 %

Las luminarias indirectas reducen la posibilidad de que se den sombras y reflejos, y permiten lograr transiciones suaves entre las áreas de mayor y menor iluminancia en un mismo entorno de trabajo. Como desventaja se debe mencionar que, debido a que la iluminancia se reduce con el cuadrado de la distancia su eficiencia lumínica es menor que en las directas, ya que el recorrido de cada haz es mayor. Además tienden a ser más sucias porque tienden a acumular polvo. Es aconsejable que las luminarias indirectas se usen conjuntamente con techos mates porque mientras más pulida es una superficie, mayor es la probabilidad de que refleje luz en una sola dirección. En un techo mate se dispersa la luz recibida al reflejarse en diferentes direcciones reduciéndose la posibilidad de que aparezcan reflejos y sombras.

Es normal que en un mismo espacio coexistan dos sistemas de iluminación: El primario suele tener la función de permitir la realización de las tareas. El secundario además de proporcionar algún apoyo lumínico, mejoran la apariencia estética del entorno. Los sistemas primarios de iluminación pueden ser de iluminación general o localizada.

La iluminación general es recomendable cuando se desea mantener el nivel de iluminancia aproximadamente constante en todo el entorno de trabajo. En este sentido, el coeficiente entre la iluminancia mínima y la media nunca debe ser inferior a 0,7. Este sistema se utiliza en grandes oficinas, debiéndose asegurar en cualquier punto una iluminancia que permita realizar la tarea visual más difícil. Este sistema permite una gran flexibilidad para ubicar las estaciones de trabajo.

La iluminación localizada permite que las estaciones de trabajo tengan un nivel de iluminación superior en ciertos puntos del espacio de trabajo. Usualmente toman la forma de luminarias indirectas para que la cantidad de iluminación se reduzca progresivamente con el alejamiento de ellas. Los

sistemas de iluminación localizada permiten costos de mantenimiento inferiores porque solo producen niveles máximos de iluminancia donde realmente se la necesita.

Los sistemas de iluminación primarios permiten alcanzar las iluminancias precisas para desarrollar la actividad laboral. A menudo son complementadas por otros para influir en la impresión visual proporcionada por el entorno. Como las actividades laborales se pueden realizar en su ausencia, se los llama secundarios. Estos sistemas de iluminación son evaluados de manera cualitativa para conocer las reacciones afectivas y sensaciones de los observadores a través de diferenciales semánticos. (Flinn 1977)

2.4 Ergonomía y Confort Visual

La actitud general hacia la iluminación históricamente ha sido "más es mejor". Esto no es necesariamente cierto. La figura muestra como se han aumentado los niveles de iluminación recomendados para oficinas durante años de estudios luminotécnicos.⁸ (ref Human Factors of workstations)

Hoy se sabe que una iluminación correcta es aquella que permite distinguir las formas, los colores, los objetos en movimiento y apreciar los relieves, y que todo ello, además, se haga fácilmente y sin fatiga, es decir, que asegure el confort visual permanentemente. Las recomendaciones dadas por la legislación de cada país no se basan únicamente en consideraciones sobre rendimiento visual sino también en lograr un alto nivel de confort de los usuarios del espacio. Los diferentes grados de confort se pueden ubicar en un continuo en el que el máximo corresponde a un sistema visual trabajando confortablemente y en el otro extremo el mismo opera en su límite. El análisis ergonómico de la iluminación de un puesto o zona de trabajo, debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- *Condicionantes del observador*
- *Condicionantes del entorno*
- *Condicionantes de la tarea*
- *Condicionantes luminotécnicos*

Los condicionantes del observador considerados son su capacidad visual y su edad. La capacidad visual ya fue analizada, e incluye las características funcionales del ojo: la agudeza visual, su sensibilidad al contraste, rapidez de percepción, capacidad de adaptación, etc. Cada persona tiene

⁸ IBM Corporation "Human Factors of Workstations with visual displays", IBM, NY, 1991

diferentes capacidades que distan del ojo estadísticamente normal, y ello influye en el confort visual experimentado. La edad es un condicionante determinante para el observador, debido a la progresiva pérdida de la capacidad visual que el ser humano sufre a partir de aproximadamente los 45 años. Estos datos serán obtenidos de manera indirecta a través de los métodos subjetivos de evaluación de carga mental y confort visual que serán implementados.

Dentro de los condicionantes del entorno se tendrán en cuenta las dimensiones, colores, materiales, texturas, formas presentes en el espacio de trabajo. Con esto se dejará registro de la reflectancia de las superficies y su influencia en la distribución de la luz natural y artificial. Se debe registrar también la planimetría del espacio y su equipamiento incluyendo la geometría del puesto, a través de un relevamiento físico. Para ello se realizará también un relevamiento fotográfico del espacio. Se diseñarán planillas específicas para la adecuada recolección de datos.

Los condicionantes de la tarea a tenerse en cuenta son entre otras cosas las dimensiones de los objetos a observar o manipular, el contraste, las características de la tarea. (Duración, velocidad de respuesta, etc.). El análisis de tareas es la principal actividad del ergónomo. Dentro de las técnicas existentes se consideró que la observación directa y las entrevistas no estructuradas permitirán una primera aproximación para comprender el tipo y duración de tarea que realizan los trabajadores.

Finalmente se analizarán los condicionantes luminotécnicos presentes: Posición de los puntos de luz, Niveles de luz, distribución lumínica (dispersa, concentrada), tipología y diseño de los puntos de luz, relación luz natural - luz artificial. Profundizando en estos aspectos, los valores de iluminancias considerados como confortables son menores que aquellos para los que el rendimiento visual es óptimo. Respecto a la distribución de iluminancias, a menor iluminancia las personas prefieren ambientes con mayor uniformidad. Se considera que un buen predictor de confort visual es el promedio de iluminancias entre techo y paredes, cuanto mayor es el valor mayor es el confort. Una de las claves para el confort es la distribución espacial de luminancias, la relación entre la luminancia de la tarea y del entorno inmediato se recomienda que sea de 3 a 1 para iluminancias de 500 lux. En general las paredes claras son consideradas más confortables que las oscuras.

Investigaciones muestran que la iluminación indirecta o indirecta / directa es preferida frente a la iluminación directa. Se acepta como

más confortables a los ambientes con aporte de luz natural. La preferencia por el tamaño de las ventanas depende de la vista que ofrece la misma, el nivel de iluminancia mínima que provee y del tamaño y forma de la habitación.

2.5 Fundamentación Teórica en Carga Mental

La carga de trabajo mental es un concepto que se utiliza para referirse al conjunto de tensiones inducidas en una persona por las exigencias del trabajo mental que realiza (procesamiento de información del entorno a partir de los conocimientos previos, actividad de rememoración, de razonamiento y búsqueda de soluciones, etc.). Para una persona dada, la relación entre las exigencias de su trabajo y los recursos mentales de que dispone para hacer frente a tales exigencias, expresa la carga de trabajo mental.⁹

La carga de trabajo mental remite a tareas que implican fundamentalmente procesos cognitivos, procesamiento de información y aspectos afectivos; por ejemplo, las tareas que requieren cierta intensidad y duración de esfuerzo mental de la persona en términos de concentración, atención, memoria, coordinación de ideas, toma de decisiones, etc. y autocontrol emocional, necesarios para el buen desempeño del trabajo.

Las capacidades de la persona, referentes a las funciones cognitivas que posibilitan las operaciones mentales, constituyen sus recursos personales para responder a las demandas del trabajo mental. Las capacidades de memoria, de razonamiento, de percepción, de atención, de aprendizaje, etc. son recursos que varían de una persona a otra y que también pueden variar para una persona en distintos momentos de su vida: pueden fortalecerse, por ejemplo, cuando se adquieren nuevos conocimientos útiles, cuando se conocen estrategias de respuesta más económicas (en cuanto a esfuerzo necesario), etc. pero, en circunstancias físicas o psíquicas adversas, pueden deteriorarse o debilitarse.

2.5.1 Factores que afectan la Carga Mental

En las situaciones de trabajo, son muy diversos los factores que contribuyen a la carga de trabajo mental y que ejercen presiones sobre la

⁹ GARCÍA, S "Efectos del ambiente físico de trabajo sobre las personas: respuestas psicofisiológicas, subjetivas y de comportamiento" Madrid, INSHT 1999.

persona que lo desempeña. Estos factores deben identificarse para cada puesto o situación de trabajo concreta y se pueden agrupar según procedan:

- *De las exigencias de la tarea.*
- *De las circunstancias de trabajo (físicas, sociales y de organización).*
- *Del exterior de la organización.*

La carga de trabajo mental puede ser inadecuada cuando uno o más de los factores identificados es desfavorable y la persona no dispone de los mecanismos adecuados para afrontarlos.

Las exigencias de la tarea: La realización de tareas de tratamiento de información requiere de la persona diverso grado de atención, concentración y de coordinación.

El desempeño del trabajo puede requerir atención para una tarea o actividad en curso o para varias actividades que se van alternando y/o realizando en simultáneo. La concentración se refiere a la reflexión y atención prolongadas requeridas por la tarea. La atención puede decaer por diversos motivos, ya sean laborales o personales (por ejemplo, sueño o descanso insuficientes). Se puede afirmar que algunas tareas que exigen atención compartida entre varias actividades simultáneas o que exigen captar datos e informaciones extrañas, difíciles de detectar o de encontrar, pueden ejercer grandes presiones sobre la persona. Además, la tarea que se ha de realizar puede demandar, en diversa medida: la coordinación de ideas, la necesidad de tener presentes varias cosas a la vez y de reaccionar con rapidez ante un imprevisto, la coordinación de funciones motoras y sensoriales, la conversión de información en conductas de reacción, la transformación de información de entrada y de salida (programación, traducción, etc.), la producción de información (diseño, solución de problemas...) etc.

Las exigencias de atención de la tarea, el diseño inadecuado del lugar y puesto de trabajo, del material informativo, de la organización del tiempo de trabajo y, en definitiva, la incongruencia entre las exigencias del trabajo y las posibilidades de respuesta de la persona, afectan negativamente a la carga de trabajo mental percibida y sus consecuencias adversas. La fatiga por carga de trabajo mental puede manifestarse desde una forma muy sutil, como ligeras reducciones de la capacidad de trabajo mental y algunos lapsus, hasta la forma más fuerte: bloqueo total, incapacidad temporal de análisis de información, etc.

Las condiciones de trabajo: La importancia de unas condiciones físicas (espaciales, acústicas, climáticas, etc.) adecuadas se hace evidente cuando se necesita crear un entorno que facilite la percepción, la atención y, en definitiva, la realización de tareas con exigencias de trabajo mental; así se facilita a la persona la detección de señales e informaciones (visuales, acústicas, táctiles, etc.) que necesite para el desempeño del trabajo. Se profundizará brevemente en los aspectos relativos a las condiciones de iluminación.

Condiciones de iluminación: Los niveles adecuados de iluminación y contraste en el puesto de trabajo, así como la ausencia de deslumbramientos, contribuyen al bienestar en el trabajo, en tanto en cuanto que no se solicitan esfuerzos visuales innecesarios para el nivel de percepción (agudeza perceptiva) que requiere la tarea. Además, la fuente de luz puede ser de importancia para la sensación de bienestar de las personas prefiriéndose, en la medida de lo posible, la iluminación natural frente a la artificial.

Factores sociales y de la organización: Incluyen el tipo de organización laboral (su estructura de control y de comunicaciones), el clima social de la organización (aceptación personal, relaciones interpersonales), los factores de grupo (estructura de grupo, cohesión), la jerarquía de mando (vigilancia, niveles de mando, etc.), los conflictos (dentro de los grupos, entre grupos o entre personas, así como los conflictos sociales), el aislamiento en el trabajo, el trabajo a turnos, las relaciones con clientes, etc. Tales aspectos, debidamente diseñados, pueden configurar un entorno laboral sano, de cooperación y de apoyo para la realización del trabajo, en el cual sea fácil la adquisición de las informaciones y ayudas que se necesiten.

Factores sociales externos: Las características individuales influyen en la tensión experimentada, como consecuencia de las presiones que ejercen los diversos factores de carga mental de trabajo; estas características modifican la relación entre las presiones del trabajo y las tensiones de la persona porque modulan la relación entre las exigencias de la tarea y el esfuerzo desplegado para satisfacerlas. Algunas características individuales son el tipo y el nivel de aspiraciones personales, la auto confianza, la motivación, las actitudes y los estilos de reacción, las capacidades, la cualificación, la capacitación, los conocimientos, la experiencia, el estado general, la salud, la constitución física, la edad, la nutrición, el estado real y el nivel inicial de activación.

Las actividades de procesamiento de información y toma de decisiones también están ligadas a aspectos emocionales. Cuando una persona

tiene problemas emocionales puede verse interferida su eficacia en el trabajo, en actividades perceptivas, de tratamiento de información, de memoria y de concentración, por lo que, en muchas situaciones de trabajo, los aspectos emocionales tienen que tenerse en cuenta.

El estado de saturación mental de la persona se puede presentar en tareas o situaciones de trabajo repetitivas en las que se tiene la sensación de estancamiento, de que no se avanza nada o de que no conducen a nada; se caracteriza por inestabilidad nerviosa (desequilibrio), fuerte rechazo emocional de la situación o tarea repetitiva y otros síntomas adicionales como: cólera o enojo, disminución del rendimiento y/o sentimientos de fatiga e inclinación a renunciar, a retirarse. La saturación se diferencia de la sensación de monotonía y de la hipo vigilancia porque el nivel de activación de la persona es invariable o creciente y está asociado a emociones negativas.

2.5.2 Valoración de la carga mental

Para poder realizar una valoración lo más exacta posible, se deben contemplar distintos tipos de indicadores, puesto que la carga mental no puede estimarse a partir de una medida única. En definitiva, ante la cuestión de cómo evaluar la carga y la fatiga mental en una situación laboral, cabría responder que son de interés todos aquellos aspectos que pongan de relieve la existencia de unas condiciones de trabajo inapropiadas que puedan contribuir a la aparición de la fatiga.

Indicadores de fatiga mental: Los indicadores de carga mental que utilizan los distintos métodos de evaluación se han determinado experimentalmente a partir de las reacciones del individuo frente a un exceso de carga; es decir, tomando como base las alteraciones fisiológicas, psicológicas y del comportamiento resultantes de la fatiga.

Para la estimación de la fatiga mental suelen utilizarse indicadores fisiológicos (presión sanguínea; electroencefalograma, frecuencia cardíaca); de conducta (referidos a la tarea primaria como por ejemplo tiempo de reacción, errores, olvidos, modificaciones del proceso operatorio, etc. a la tarea secundaria o a conductas asociadas a la fatiga) y psicológicos (memoria, atención, coordinación visomotora, etc.)

Para un análisis completo sin embargo, es necesario tener en cuenta la impresión subjetiva de fatiga, a partir de escalas o cuestionarios específicos, que deberán referirse a un periodo de tiempo suficientemente amplio

de manera que se abarquen los posibles picos o valles de trabajo, evitando que las respuestas sean función de una situación personal transitoria: es habitual que las personas emitan juicios de valor sobre la dificultad que entraña la realización de alguna tarea, aunque estas impresiones no suelen cuantificarse o no llegan a verbalizarse. Montmollin (Vocabulaire da Ergonomie, p. 43, 1995)

“ La primera crítica es técnica. Ninguno de los índices fisiológicos imaginados (frecuencia cardíaca, movimiento de ojos, etc.) que suelen relacionarse con un hipotético “nivel de activación” del cerebro presentan por si mismos ni asociados una confiabilidad y aun menos validez externa suficientes en criterios científicos. Los únicos índices que aparecen como más estables (...) parecen ser los obtenidos a partir de escalas subjetivas de carga . ”

Más adelante, Montmollin se refiere a los numerosos estudios sobre carga mental, que como ya se mencionó suelen estar orientados a experiencias de laboratorio.

“... estas constataciones permiten dudar mucho de la generalización a situaciones reales de datos casi exclusivamente obtenidos a partir de tareas muy simples realizadas en experimentos de laboratorio.”

Sobre la base de opiniones como la de este autor se comprendió que según el estado del arte actual, los métodos e instrumentos de carga deben ser explorados en situaciones reales de trabajo, y que los mismos serán subjetivos.

Los métodos subjetivos requieren que los propios interesados califiquen el nivel de esfuerzo necesario para la realización de una tarea y reflejan, por tanto, la opinión directa acerca del esfuerzo mental exigido en el contexto del entorno del puesto y de la experiencia y las capacidades del operador. En comparación con otros métodos la evaluación subjetiva supone, pues, la única fuente de información del impacto de las tareas sobre las personas.

Son de amplia aplicación para la evaluación de la carga de trabajo debido a su facilidad de uso, su validez (contrastada por correlación con criterios de conducta) y su aceptación por parte de los interesados. Además ofrecen la ventaja frente a los métodos de valoración psicofisiológica de no ser intrusivos ya que suelen aplicarse una vez se ha realizado la tarea. Por estos motivos son los más utilizados para la medición de la carga en situaciones reales de trabajo, mientras que las medidas de tipo psicológico o fisiológico son aplicadas en situación de laboratorio.

Uno de los métodos más mencionados en la bibliografía especializada es el NASA TLX (Task Load Index). Es un procedimiento de valoración multidimensional que da una puntuación global de carga de trabajo, basada en una media ponderada de las puntuaciones en seis subescalas, cuyo contenido es el resultado de la investigación dirigida a aislar de forma empírica y a definir los factores que son de relevancia en la experiencia subjetiva de carga de trabajo.

3. MÉTODO

Se ha trabajado sobre un desarrollo anual. Durante el primer semestre año, el trabajo se ha dedicado a la búsqueda de antecedentes en relación con el tema. La información procesada a partir de estos datos ha permitido elaborar un diagnóstico de la situación y una comprensión del problema, pudiendo visualizar las relaciones presentes en el sistema estudiado.

Durante la segunda parte del año se diseñaron y ajustaron las experiencias a realizar en el estudio de campo, así como todo el material de apoyo necesario y se hicieron los contactos con las empresas e instituciones participantes. Una vez realizada una prueba piloto, se hicieron dichas experiencias dejándose la última parte del para el análisis de los datos obtenidos y la presentación de los resultados.

Las conclusiones obtenidas de las dos fases del trabajo, ha permitido la elaboración del Protocolo de caracterización de espacios de trabajo, que incluye al método de evaluación ponderada de Confort Visual IDV (índice de Disconfort Visual), previéndose la transferencia de los resultados al medio productivo y su difusión en Jornadas de investigación, publicaciones especializadas y otros medios.

3.1 Estrategias y Técnicas Empleadas

Consulta a fuentes bibliográficas: La revisión bibliográfica abarcó la problemática textos de referencia en Ergonomía y Luminotecnia, a partir de los cuales se detectaron trabajos más específicos acorde a las características de este proyecto. Fueron fundamentales las consultas a bases de datos electrónicas on line que permitieron el acceso a papers sobre ergonomía cognitiva, visual así como luminotecnia.

Algunas bases de datos consultadas fueron:

- Ergo-abs – Ergonomic Abstracts – base de datos que presenta resúmenes de textos de ergonomía

- Base de datos del INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España. Permite la consulta a numerosas Notas Técnicas de Prevención (NTP) elaboradas por especialistas de dicho instituto.
- Base de datos del Lighting Research Center (LRC) dependiente del Rensselaer Polytechnic Institute. Permite acceder trabajos de cada uno de los programas que financia este centro de investigación

3.2 Recolección de datos – Instrumentos

Todo el trabajo de recolección de datos se encuentra sistematizado en el siguiente *Protocolo de Caracterización de Espacios de Trabajo*, donde se detallan las variables relevantes a tener en cuenta así como los Instrumentos y estrategias para la recolección de datos. Gracias a este protocolo se puede lograr una completa caracterización de los espacios de trabajo abarcando aspectos ambientales, de equipamiento y de los mismos trabajadores, ya que incluye los métodos TLX e IDV en esta caracterización.

A través de este instrumento, se pretenden registrar además todas aquellas variables que tienen relación con el confort visual y la carga mental experimentadas por el trabajador, por ello se incluyen aspectos de mobiliario u organizacionales que pueden ser importantes pero eventualmente desconocidos por el evaluador. Analizando esta información se podrá verificar que aspectos contribuyen a la carga mental y confort visual y cuales pueden ser consecuencias de los mismos.

3.2.1 Protocolo de Caracterización de Espacios de Trabajo con PVD

Componentes a relevar:

1. Características Físicas del Espacio
2. Características del Puesto de Trabajo.
3. Características Luminotécnicas del Espacio de Trabajo
4. Características del Trabajo realizado.
5. Percepción de los trabajadores sobre la carga del trabajo realizado
6. Percepción de los trabajadores sobre las condiciones de iluminación en el espacio de trabajo.

1. Características del Espacio de Trabajo:

1.1 Emplazamiento: *Latitud, longitud y altitud. Tipo de clima. Obstrucciones exteriores naturales y artificiales.*

1.2 Arquitectura: *Planimetría. Relevamiento y corroboración dimensional del espacio. Colores, Materiales y Texturas de todas las superficies interiores. Impresiones del Evaluador.*

1.3 Aporte de luz artificial: *Cantidad, altura y superficie de las aberturas. Orientación. Relación entre área opaca del vano y superficie vidriada efectiva. Dispositivos de regulación interiores y exteriores.*

1.4 Aporte de luz artificial: *Cantidad, tipo y distribución de las fuentes.*

2. Características del Puesto de Trabajo:

2.1 Equipamiento: *Tipologías de asiento y superficie de trabajo. Colores, Materiales y Texturas de todas las superficies. Verificar existencia de Atril portapapeles y Pantalla antirreflejos. Impresiones del Evaluador.*

2.2 Pantalla de Visualización de Datos: *Tecnología (rayos catódicos, plasma, LCD) y tamaño en pulgadas. Tasa de refresco y resolución máxima.*

2.3 Geometría del Puesto: *Altura de la superficie de trabajo, asiento y pantalla. Distancia y ángulo pantalla – operador, operador – atril portapapeles.*

3. Características Luminotécnicas del Espacio:

3.1 Iluminancia: *Horizontal. Grilla de mediciones a partir del IL. Iluminancia externa de referencia.*

3.2 Luminancia: *Condiciones de brillo en la pantalla y su fondo. Brillo entre las superficies de trabajo de un usuario y su entorno próximo.*

4. Características del Trabajo Realizado

4.1 Análisis de Tareas: *Horario de Trabajo. Responsabilidades. Funciones. Actividades diarias. Software utilizado. Frecuencia, tiempo total, y dependencia para la realización del trabajo. Impresiones.*

4.2 Características de la Interfaz: *Estilo de Interacción. Tipo de Interfaz. Experiencia del Usuario. Colores utilizados. Tamaño de los estímulos.*

5- Percepción de los trabajadores sobre la Carga Mental del Trabajo:

5.1 Factores impuestos por la tarea: *Demanda mental. Demanda física. Demanda temporal.*

5.2 Factores inherentes a la interacción de la persona con la tarea: *Esfuerzo. Frustración. Rendimiento.*

6- Percepción de los trabajadores sobre su Confort Visual:

6.1 Factores relativos al Ambiente: Sombras, Reflejos, Deslumbramientos

6.2 Factores relativos a la Tarea: Dificultad Visual, Fuentes de Distracción, Información Disponible

Instrumentos de recolección de datos:

Croquis: Debe realizarse un croquis de la planta respetando la orientación geográfica del local donde se realizan las tareas. En él deben ubicarse las entrabas de luz natural y las fuentes de luz artificial, así como la ubicación de los interruptores. Se ubicará todo el mobiliario disponible, nombrando los distintos Puestos de Trabajo.

Relevamiento Fotográfico: Se recomienda el registro fotográfico del Espacio de Trabajo y de su Equipamiento. Esto permite obtener un panorama detallado de la realidad del espacio de evaluación. Es aconsejable ir de lo general a lo particular. El posterior análisis de las imágenes será una valiosa fuente de información.

Para realizar una evaluación de los ángulos sólidos del entorno radiante deben obtenerse imágenes con lente "fish eye" (ojo de pescado) desde cada uno de los muros del espacio.

Se anexa una planilla de relevamiento que puede ayudar a sistematizar la recogida de datos.

Mediciones Fotométricas: Para la medición de la cantidad de iluminación (Iluminancia) se utilizarán luxómetros, con corrector de coseno, de respuesta espectral próxima a la curva patrón de la CIE (Comisión Internationale d'Eclairage) CIE 18.2 (1983). El rango de los mismos debe responder a la iluminación predominante en la localidad. (Para cielos claros 0 – 120.000 lux). Se recomienda colocar el sensor paralelo a la superficie a ser medida, usar burbuja de nivel. Es importante evitar proyectar sombras sobre el sensor en el momento de la medición y exponer el sensor unos minutos antes de empezar la primera lectura, evitando su exposición a fuentes altamente luminosas. Se aconseja realizar una medición de referencia, en una superficie horizontal exterior sin obstrucciones. Anotar la hora de inicio y la hora de finalización de las mediciones. Se considera cielo claro cuando al menos 7/8 del cielo está despejado de nubes, y la parte cubierta por nubes no oculta el sol.

Respecto a la cantidad de puntos a medir, se recomienda una distribución simétrica de los mismos, separados de los muros alrededor de 0,5 m. Para determinar la cantidad se puede usar el I.L. (índice de local)

Cuando se disponga de un solo sensor, se deben realizar las mediciones en el menor tiempo posible, a fin de evitar introducir errores relacionados con el cambio de la disponibilidad de luz natural temporal. Una vez terminada la medición de todos los puntos de la grilla, volver a medir el primer punto registrado, si entre la primera y la última medición de este mismo punto hay una diferencia de $\pm 5\%$ descartar las mediciones y comenzar nuevamente.

La luminancia se medirá con un Luminancímetro, las mediciones relevantes son la Luminancia media de la superficie de trabajo, (en este caso la pantalla del Ordenador) y su entorno inmediato. Para la obtención de la iluminancia media se tomaran mediciones en los extremos de la pantalla y en el centro, sacándose de este modo la luminancia media. Se tomará la luminancia inmediata a la pantalla, en cada una de las esquinas de la carcasa de la pantalla de visualización de datos.

Observación directa: Con esta técnica de análisis de tareas se podrá recabar valiosa información sobre las actividades realizadas por los trabajadores, y definirá las características de la entrevista. Se recomienda el registro fotográfico, y la ayuda de las planillas diseñadas para tal fin.

Entrevista semiestructurada: A partir de ésta técnica de análisis de tareas se debe decidir cual es la tarea o grupo de tareas a evaluar. Se recomienda el uso de algunas preguntas abiertas, y el registro en audio de la misma, avisando previamente al entrevistado de esta circunstancia.

Métodos Subjetivos y Ponderados de Evaluación. NASA

TLX: Es un procedimiento de valoración multidimensional que da una puntuación global de carga de trabajo, basada en una media ponderada de las puntuaciones en seis subescalas, cuyo contenido es el resultado de la investigación dirigida a aislar de forma empírica y a definir los factores que son de relevancia en la experiencia subjetiva de carga de trabajo. ***Método (ICV o IDV):*** Deriva del método anterior, pero es específico para la medición del confort visual del trabajador.

3.2.2 Método NASA TLX

Este procedimiento fue desarrollado por el HUMAN PERFORMANCE GROUP del NASA AMES RESEARCH CENTER durante 3 años de investigación y esfuerzo conjunto de más de 40 Laboratorios. Según sus autores esta técnica aún esta en etapa de validación por lo que es distribuido para permitir que otros investigadores lo usen en sus experiencias.

El NASA TLX (Task Load Index) es un procedimiento de valoración multidimensional que da una puntuación global de carga de trabajo, basada en una media ponderada de las puntuaciones en seis subescalas, de estas, tres se refieren a las demandas impuestas a la persona (demandas mentales, físicas y temporales) y las otras tres se refieren a la interacción de la persona con la tarea (esfuerzo, frustración y rendimiento o "Performance"). Se parte del supuesto que la experiencia subjetiva de carga resume las influencias de diversos factores además de las demandas objetivas impuestas por la tarea. Así pues la carga no es una característica inherente a la tarea sino que es el resultado de la interacción entre los requerimientos de la tarea; las circunstancias bajo la que se desarrolla y las capacidades, conductas y percepciones del trabajador.

Este método requiere de una breve familiarización previa, y consta de una fase de ponderación y de puntuación que consisten en el llenado de dos planillas, inmediatamente después de realizada la tarea. Una serie de cálculos matemáticos permiten conocer el nivel de Carga mental experimentado así como la incidencia de cada factor en el mismo. A partir del Método NASA TLX se propone un derivado al que se denominó IDV (Índice de Discomfort Visual), para la medición ponderada del Confort Visual. Si bien se comentará en detalle en el próximo apartado, su forma de aplicación es equivalente. A continuación se explicarán los pasos a seguir para su aplicación, válida para ambos métodos:

Familiarización: Es fundamental que el trabajador comprenda cómo es la dinámica del método de evaluación y cuales son los factores de carga que afectan a su desempeño y su confort visual. En esta fase se presenta la experiencia y se explican sus características, algunos días previos a la evaluación. Se les entrega a los trabajadores las planillas de instrucciones con la definición de los factores a evaluar y se les pide que los analicen en el momento que consideren mas oportuno y los comprendan. Se les explica la importancia de su compromiso esto para una evaluación exitosa y se les recuerda que deben tener esta planilla para su consulta el día de la evaluación. El día de la experiencia se vuelve a reunir al grupo a ser evaluado, se recuerdan las características y conceptos del método y se dedica un tiempo a salvar dudas que puedan haber

surgido. Se comunica cual es la tarea o grupo de tareas a evaluar y se procede a la siguiente fase.

Ponderación: Se parte de la base de que las fuentes específicas de carga impuesta por las diferentes tareas son determinantes en la experiencia de carga, es decir de la sensación subjetiva de carga, por esto el requisito previo es que los propios sujetos hagan una ponderación con el fin de determinar el grado en que cada uno de los seis factores contribuye a la carga en cada tarea o subtarea específica. El objetivo de esta fase es, pues, la definición de las fuentes de carga. En el método modificado para el confort visual, la ponderación se hará para determinar cuales son los factores que más contribuyen a generar disconfort en las condiciones ambientales en que se desarrolla la tarea. Se recomienda su realización previa a la realización de la tarea.

La ponderación consiste en presentar a las personas las definiciones de cada una de las dimensiones a fin de que las comparen por pares (comparaciones binarias) y elijan para cada par, cuál es el elemento que se percibe como una mayor fuente de carga o disconfort.

Puntuación: En esta fase, las personas valoran la tarea o subtarea que acaban de realizar (y su nivel de disconfort visual para el IDV) en cada una de las dimensiones. Para ello cuentan con diferenciales semánticos, debiendo marcar un punto en la escala que se les presenta. Cada factor se presenta en una línea dividida en 20 intervalos iguales y limitada bipolarmente por unos descriptores (por ejemplo: elevado / bajo), teniendo presentes las definiciones de las dimensiones.

Conversión: La bibliografía consultada no hace mención directa de esta fase como tal, pero se la incorporó porque los datos obtenidos a partir de las planillas no tienen aplicación directa, debiendo convertirse. Esta etapa no es necesario realizarla en el campo porque requiere de algunos cálculos sencillos. Existe software específicos (como el NASA TASK LOAD INDEX V1.0) que hacen la conversión automáticamente cuando el trabajador llena las planillas computarizadas.

A partir de las elecciones hechas en la fase de ponderación, debe obtenerse el PESO PE de cada dimensión, en función del número de veces que ha sido elegido. Este Peso varía entre 0 (cuando una dimensión no fue elegida nunca) y 5 (cuando siempre fue elegido en cada par). El PESO TOTAL PE_T , es decir la suma de estos valores siempre es 15.

$$\Sigma PE = PE_T = 15$$

A partir de los valores obtenidos en la fase de puntuación, cuyos diferenciales semánticos tienen 20 intervalos, debe reconvertirse esta PUNTUACIÓN PU a una escala sobre 100, multiplicando por 5 el valor de cada subescala (PUNTUACIÓN CONVERTIDA PU_C).

$$PU \times 5 = PU_C$$

Para obtener la PUNTUACIÓN PONDERADA PU_P de cada dimensión es necesario multiplicar el PESO de cada dimensión por su PUNTUACIÓN CONVERTIDA. La sumatoria de las PUNTUACIONES PONDERADAS es la PUNTUACIÓN PONDERADA TOTAL PU_{PT} , cuyo valor máximo es 1500 .

$$PE \times PU_C = PU_P$$

$$\Sigma PU_P = PU_{PT}$$

Dividiendo la PUNTUACIÓN PONDERADA TOTAL sobre el PESO TOTAL obtenemos los ÍNDICES DE CARGA DE TRABAJO (ICT o TLX en Inglés) Y DE DISCONFORT VISUAL (IDV). Estos índices varían entre 0 y 100, a mayor índice mayor será la carga mental o el discomfort visual respectivamente.

$$PU_{PT} / PE_T = ICT$$

$$PU_{PT} / PE_T = IDV$$

Una de las principales ventajas de estos métodos es su aplicabilidad en el marco laboral real ya que las personas pueden puntuar directa y rápidamente la tarea realizada ya sea justo después de su ejecución o de forma retrospectiva.

Por otra parte, el Método NASA TLX puede ser aplicado a gran variedad de tareas: para su validación se aplicó a tareas que incluían el control manual, percepción, memoria inmediata, procesamiento cognitivo y control de sistemas semiautomatizados. En situaciones experimentales (vuelo simulado, control simulado, tareas de laboratorio, aritmética mental, tiempo de reacción de elección, etc.) se ha encontrado que las puntuaciones de carga de trabajo derivadas tienen menos variabilidad interpersonal que las puntuaciones de carga de trabajo unidimensionales; además, las subescalas dan valiosa información diagnóstica acerca de las fuentes de carga. Por último puede mencionarse su rapidez tanto de aplicación como de corrección, que facilita su aplicación a diversas tareas o subtareas, y la ya mencionada capacidad de diagnóstico de las posibles fuentes de carga.

3.2.3 Método IDV (Índice de Discomfort Visual)

Aprovechando los estudios realizados para Desarrollar el Método NASA TLX y la experiencia acumulada durante años de aplicación y validación, se propone este método cuya principal ventaja es brindar la posibilidad de ponderar cada factor de carga visual. La Manera usual de evaluar el confort visual es preguntarle a las personas lo que experimentan durante su estadía en un ambiente. Para ello se usan cuestionarios con Diferenciales Semánticos, donde a partir de dos extremos opuestos la persona ubica en un continuo cual es la medida que se acerca más a sus sensaciones. El problema, que se presenta es que no se puede conocer de manera certera cual es el origen del discomfort, o cual es el aporte real de cada factor que disminuye el confort visual. En otras palabras la evaluación no es ponderada.

Así nace el Método IDV (Índice de Discomfort Visual), donde se definen los factores que disminuyen el confort visual de los trabajadores, teniendo en cuenta que algunos de ellos tienen su origen en las condiciones lumínicas del ambiente (Sombras, Reflejos, Deslumbramientos) y otras son inherentes a la tarea que se está realizando (Dificultad Visual, Fuentes de Distracción, Información Disponible).

El método propuesto, al igual que el Nasa TLX consta de una fase de ponderación y otra de puntuación, con la misma dinámica en su aplicación. Esto permite que una vez que se ha aplicado y comprendido cualquiera de los métodos sea de muy sencilla aplicación el otro. Los cálculos necesarios para la conversión de datos por parte del investigador también son iguales. La ventaja de este método es que permite ponderar cada uno de esos factores para conocer su peso relativo, siendo esto una fuente importante de información para hacer diagnósticos precisos y tomar acciones correctivas o preventivas más certeras.

A partir de la revisión de bibliografía específica sobre ergonomía y luminotecnia (ref) se seleccionaron los siguientes factores que afectan al confort visual. Los tres primeros son inherentes al ambiente: Sombras, Reflejos y Deslumbramientos.

Las Sombras: se originan cuando un cuerpo opaco se interpone entre la fuente de luz y el observador. Su magnitud depende del tamaño del objeto y de las distancias involucradas: una sombra será mayor cuanto mayor sea el objeto, más

puntual sea la fuente y más próxima este del objeto. Un ejemplo de esto que nunca pasa desapercibido por su escala global son los eclipses totales de sol.

Las sombras pueden ser útiles pues colaboran en la percepción de la tridimensionalidad de los objetos, pero pueden causar Disconfort si dejan en la oscuridad zonas de trabajo que sean de interés, debido a las exigencias de adaptación en tiempos cortos que provocan. La cantidad y el tipo de sombras dependen de la cantidad de fuentes luminosas y de las interreflexiones de la luz en el espacio. Si se desea minimizar la cantidad de sombras deberá aumentarse la reflectancia de las superficies y utilizar varias fuentes baja potencia para lograr el valor de iluminancia deseado. Si una sombra no puede ser evitada por su extensión se puede usar iluminación localizada en dichas áreas.

Reflejos: Cuando la radiación visible proveniente de una fuente de alta iluminancia se refleja en una superficie que refleja especularmente, como una pantalla de video aparecen las conocidas reflexiones de velo. La luminancia de la imagen reflejada cambia el contraste de luminancias del estímulo de interés. La pérdida de confort visual no es fácilmente cuantificable, pero se considera que una reducción del 20 % del contraste de luminancia es el límite aceptable antes de que aparezca una disminución del confort visual.

La aparición de reflejos molestos suele provocar posturas incómodas en el usuario al tratar de evitarlos. Estos reflejos dependen de la especularidad del material que está siendo observado y de la geometría entre el observador, el objeto y la fuente de alta luminancia. Para reducir las reflexiones se puede cambiar la geometría del puesto, disminuir la luminancia de las luminarias o aumentar la cantidad de interreflexiones en el ambiente.

En el caso de una pantalla de video se prefiere una polaridad positiva ya que tiene mayor luminancia. Los monitores primitivos tenían una frecuencia muy baja en la tasa de refresco de la imagen generada, por ello se prefería la polaridad negativa en las primeras interfaces, ya que el centelleo (flicker) era menos perceptible. (ref Human Factors of workstations with visual displays) Las tasas de refresco actuales permiten disminuir el centelleo y utilizar polaridades positivas, que minimizan la aparición de reflejos. Por otro lado, para trabajos de oficina donde se debe alternar la vista con documentos escritos no hay cambios bruscos de luminancia entre ambos focos de atención (papel y pantalla).

Deslumbramientos: Cuanto mayor es el contraste de luminancias, más fácil es detectar el estímulo. La iluminación puede cambiar el contraste de luminancia si se produce un deslumbramiento fisiológico en el ojo. El deslumbramiento fisiológico es el acto de enmascaramiento de la visión debido a la dispersión de la luz que proviene de cualquier parte del campo visual, producido por los distintos medios de la retina. Este enmascaramiento reduce el contraste de luminancia de la imagen de interés que se forma en la fovea. Si esto interfiere notablemente con el desarrollo de la tarea visual se lo considera un reflejo discapacitante. Este tipo de deslumbramiento no es común en entornos de oficina. Aun cuando una fuente de deslumbramiento no impida el desarrollo de una tarea puede ser muy molesto.

Los deslumbramientos molestos o psicológicos provocan distracción sobre la tarea en el campo foveal debido a fuentes luminosas en el campo periférico. Si bien no producen cambios en el rendimiento visual, disminuyen el confort. Ventanas y reflejos de superficies brillantes son fuente común de deslumbramientos psicológicos.

Las fuentes de Disconfort visual cuyo origen es la tarea misma son la dificultad visual inherente a la tarea, el nivel de información disponible y las causas de distracción.

Características de la tarea visual: Cada tarea posee un grado de dificultad visual, cuanto mayor sea esta dificultad menos confortable será para quien la realiza. Por ejemplo la lectura de un texto con letras pequeñas, donde la reacción es acercar la tarea a los ojos para aumentar el tamaño angular del estímulo, lo que implica ajustar los mecanismos de acomodación para mantener la imagen nítida en la retina. Una regla práctica es que los detalles necesitan ser cuatro veces más grandes que el límite de agudeza visual para ser resuelto en forma rápida sin afectar la respuesta visual (Bayley, 1993). Empíricamente el diseñador visual debería aplicar la regla de la triple distancia, es decir alejarse tres veces de la distancia normal en que deberá ser percibido un estímulo y aun así este debe ser legible. La IES (1987) divide a los entornos laborales en nueve categorías según el tipo de actividad visual que demandan al trabajador.

Cantidad de información: La cantidad de información es un concepto relativo a cada tarea y es un factor que se puede puntuar sólo teniendo un conocimiento profundo de las tareas que se realizan. Cuando el observador no encuentra en la escena información relevante para extraer (subestimulación) o esta es excesiva (sobrestimulación). La posibilidad de personalizar las interfaces

Categorías lumínicas en función del tipo de actividad			
Tipo actividad	Categoría Luminancia	Rango Luminancias	Sistemas de Iluminación más común
Espacios públicos con entornos oscuros	A	20 – 50	
Orientación simple para visitas temporales cortas	B	50 – 100	Iluminación general entre espacios
Espacios de trabajo en los que sólo ocasionalmente se realizan tareas visuales	C	100 – 200	
Tareas con estímulos de alto contraste o gran tamaño	D	200 – 500	
Tareas con estímulos de medio contraste o tamaño pequeño	E	500 – 1000	Iluminación en la tarea
Tareas con estímulos de bajo contraste o tamaño muy pequeño	F	1000 - 2000	
Tareas con estímulos de bajo contraste o tamaño muy pequeño realizadas durante un período prolongado	G	2000 - 5000	Iluminación en la tarea obtenida mediante combinación de iluminación general y local
Tareas muy prolongadas con materiales que implican mucha exactitud visual.	H	5000 - 10000	
Tareas visuales muy especiales con contraste muy reducido y tamaño muy pequeño	I	10000 - 20000	

Según recomendaciones de la IES (1987)

gráficas utilizadas en trabajos de oficina, suelen ser causa de sobreestimulación perceptual, al enmascararse el estímulo en un fondo complejo con información similar. Esto puede producir confusión perceptual y por lo tanto, una pérdida de confort visual.

Causas de distracción: Si dentro del entorno visual se presentan objetos con altos valores de luminancia, o que se mueve no parpadean y que no son de interés para el observador, se los considera fuentes de distracción. Esto se debe a que su poder de atención no disminuye después de una observación. Tratar de ignorar objetos que automáticamente atraen la atención es estresante y disminuye el confort visual.

Puede concluirse que todos estas fuentes de carga están estrechamente relacionadas, por ejemplo un reflejo molesto puede ser una causa de distracción para un operador de una pantalla de visualización de datos. Para lograr una evaluación ponderada de confort visual teniendo en cuenta las fuentes lo afectan es necesario conocer las sutiles diferencias entre cada uno de estos factores. Solo así se lograrán resultados precisos, sin variaciones significativas entre mediciones.

3.2.4 Prueba Piloto Métodos NASA TLX e IDV

Como estudio piloto se aplicaron los métodos subjetivos y ponderados a dos sujetos con perfiles académicos y profesionales similares a los que se iba a encontrar en las situaciones reales de trabajo. Se complementó el estudio con una entrevista no estructurada para recoger las impresiones y dificultades encontradas por los sujetos durante la realización de la experiencia.

3.2.4.1 Descripción de la Experiencia

Objetivo: Hacer una prueba piloto del material elaborado para la evaluación de confort visual y carga mental de operadores de PC, para realizar los ajustes necesarios en el método y el material. Entrenar al evaluador en el cálculo, ponderación y conversión de datos obtenidos en sendos métodos y su posterior análisis.

Sujetos: 2 sujetos, con edades de 30 y 32 años respectivamente, ambos usuarios expertos de PC con formación académica universitaria en ingeniería (sistemas y electrónica).

Tarea: Se les encomendó una tarea con la PC, consistente la copia de un texto técnico de Ergonomía con abundantes términos médicos ajenos a su formación específica y la posterior edición del mismo. Las tareas de edición incluyeron:

- *Requisitos de exactitud en la copia:* De esta manera se asegura la alternancia de visión entre el texto escrito y la pantalla. Los términos desconocidos de origen médico aumentan la carga mental del trabajo y favorecen la alternancia visual ya comentada.
- *Edición del texto:* Si bien son tareas sencillas desde el punto de vista de su ejecución con la interfaz, el ambiente lumínico y el tamaño de los estímulos dificulta la detección de los mismos.

El tiempo asignado para las ejecución fue deliberadamente acotado, para agregar exigencia temporal a la misma: 15 minutos.

Consignas:

- Copiar parte marcada del Texto "Patología Ergonómica". Respetando negritas, mayúsculas, etc.
- A continuación realizar las siguientes modificaciones:
- Detectar los verbos y pasarlos al infinitivo.
- Colocar en el primer párrafo letra de cuerpo 18, el resto en cuerpo 6. No modificar el tamaño de visualización.
- Reemplazar las palabras en negrita por cursiva.
- Ajustar el penúltimo párrafo a la derecha
- Buscar en el original un error de ortografía, colocar esa palabra en rojo y mayúscula en el texto marcado

Ambiente: El espacio físico es un espacio doméstico destinado al trabajo con PC, con 2 puestos. El ambiente visual es marcadamente desfavorable, con bajos niveles de iluminancia. La experiencia se realizó a las 18:00 hs, el día 15 de octubre, con cielo despejado. Se minimizó el aporte de luz natural al cerrar las persianas de la única ventana del espacio, con orientación al este. El único aporte de luz artificial fue el generado por las pantallas de visualización de datos, de tipo PRC (pantalla de rayos catódicos). La medición de iluminancia horizontal en los puestos de trabajo fue de 65 y 97 lux respectivamente.

Recursos: Los sujetos tenían las planillas de evaluación y ponderación, la hoja con las consignas y el texto a copiar. El evaluador contaba con cámara fotográfica digital, cronómetro, luxómetro y planilla de registro de datos.

Método: Se explicaron las características y objetivos de la experiencia el día anterior, a la vez que se entregaron sendas planillas de evaluación de confort

visual y carga mental a los sujetos, quienes se comprometieron a leerlas y familiarizarse con los conceptos a evaluar.

El día de la experiencia, se volvió a explicar la dinámica del método y los conceptos inherentes al mismo. Se dispuso de un tiempo para evacuar dudas. Una vez hecho esto, se les entregó una hoja de papel con las consignas, luego de su lectura se llevaron los niveles de iluminancia a lo previsto y se inició el cronometro.

Una vez cumplido el tiempo se volvió a las condiciones de iluminación normales y se completaron las planillas de evaluación de NASA TLX y las de ICV.

3.2.4.1 Análisis de la Información Recolectada

INDICE DE DISCONFORT VISUAL (ICV):

VARIABLE	PESO	PUNTUACIÓN	PUNTUACIÓN CONVERTIDA	PUNTUACIÓN PONDERADA
Dificultad Visual	4	18	90	360
Fuentes Distracción Información	3	9	45	135
Disponible	2	5	25	50
Sombras	4	16	80	320
Reflejos	2	5	25	50
Deslumbramientos	0	3	15	0
TOTAL	15			915
MEDIA PONDERADA GLOBAL				61,00

Datos Groucho

VARIABLE	PESO	PUNTUACIÓN	PUNTUACIÓN CONVERTIDA	PUNTUACIÓN PONDERADA
Dificultad Visual	3	18	90	270
Fuentes Distracción Información	5	18	90	450
Disponible	0	5	25	0
Sombras	2	8	40	80
Reflejos	2	8	40	80
Deslumbramientos	3	8	40	120
TOTAL	15			1000
MEDIA PONDERADA GLOBAL				66,67

Datos Marc

Los gráficos con los valores ponderados y sin ponderar nos muestran la variación que hay al considerar el peso relativo que los sujetos dan

a cada factor de confort visual. De esta manera se logra una mayor exactitud en los valores subjetivos. Por ejemplo, Groucho no eligió en la fase de ponderación a los deslumbramientos como fuente de disminución de confort visual, por ello al ponderar los valores los mismos no tienen ningún peso los deslumbramientos, y su valor se convierte en cero. Lo mismo ocurre con Marc respecto a la información disponible.

Es de destacar la gran influencia que tuvieron para Marc las fuentes de distracción, una vez ponderados los factores adquirieron mucha mayor importancia relativa como fuente de Disconfort Visual. (de 28% a 45%).

Se observa coherencia en ambos sujetos entre la elección de los factores que más afectaron su confort visual y los valores dados a cada uno. Por ello, aquellos factores con menor puntuación fueron también los menos elegidos como fuente de disconfort, y en la ponderación su valor disminuyó. Por otro lado, los factores con mayor puntuación también fueron los más elegidos, y su valor ponderado aumentó.

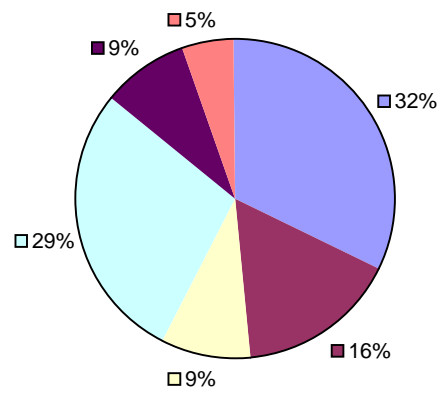
Dadas las pobres condiciones de iluminación en cuanto a los niveles de iluminancia, era lógico que las mayores fuentes de disconfort hayan resultado ser la dificultad visual y las sombras (70% entre ambas para Groucho).

Para Marc, la dificultad visual también fue determinante, aunque en menor medida (27%). Para Marc la mayor fuente de disconfort visual fueron las fuentes de distracción entre las que se podían contar los flashes de las fotos que el evaluador tomaba para documentar la experiencia.

Los valores globales de Disconfort Visual fueron de 61 y 66,67 sobre un máximo de 100. Siendo deseables valores bajos, los números obtenidos reflejan las malas condiciones de iluminación en que se desarrolló la tarea. Sería interesante asociar esta escala cuantitativa a otra de tipo cualitativa, en relación a la influencia del confort visual en la adecuada realización de la tarea.

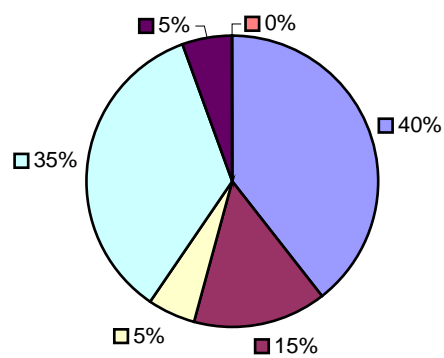
IDV - Comparativa Datos No Ponderados - Ponderados

Groucho - Puntuación sin Ponderar



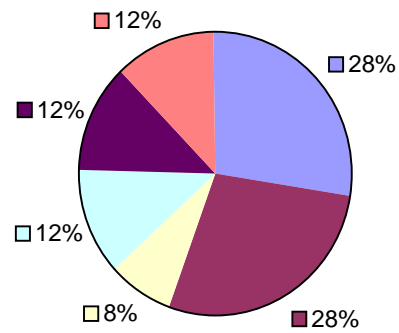
Dificultad Visual	Fuentes Distracción
Información	Sombras
Reflejos	Deslumbramiento

Groucho - Puntuación Ponderada

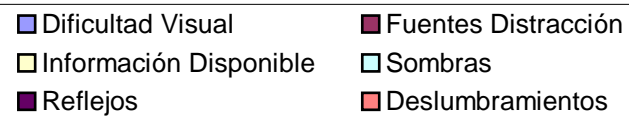
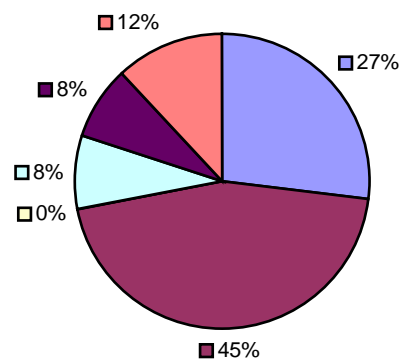


Dificultad Visual	Fuentes Distracción
Información Disponible	Sombras
Reflejos	Deslumbramientos

Marc - Puntuación sin Ponderar



Marc - Puntuación Ponderada



TASK LOAD INDEX (TLX)

VARIABLE	PESO	PUNTUACIÓN	PUNTUACIÓN CONVERTIDA	PUNTUACIÓN PONDERADA
Exigencia Mental	0	4	20	0
Exigencia Física	2	11	55	110
Exigencia Temporal	5	15	75	375
Esfuerzo	1	8	40	40
Rendimiento	4	16	80	320
Nivel de Frustración	3	18	90	270
TOTALES	15			1115
MEDIA PONDERADA GLOBAL				74,33

Datos Groucho

VARIABLE	PESO	PUNTUACIÓN	PUNTUACIÓN CONVERTIDA	PUNTUACIÓN PONDERADA
Exigencia Mental	1	6	30	30
Exigencia Física	2	10	50	100
Exigencia Temporal	5	15	75	375
Esfuerzo	2	14	70	140
Rendimiento	4	11	55	220
Nivel de Frustración	1	13	65	65
TOTAL	15			930
MEDIA PONDERADA GLOBAL				62,00

Datos Marc

TASK LOAD INDEX (TLX):

Se verificó el elevado aporte de la exigencia temporal de la tarea, ya que el tiempo asignado para la realización de la misma era muy acotado, incluso para dactilógrafos expertos. De esto deriva también el bajo nivel de rendimiento percibido por los sujetos, que también fue una fuente de carga considerable.

Se destaca también la influencia de los factores personales en la percepción de la carga mental en los valores obtenidos de frustración. En efecto, hay una importante diferencia entre la frustración que sintieron ambos sujetos al no poder completar la tarea: diferencia atribuible al nivel de autoexigencia de cada uno al afrontar un trabajo.

La exigencia mental fue casi despreciable o nula en esta experiencia, confirmando la presunción de que la tarea asignada a priori no significaba un desafío dada la formación y exigencia de los sujetos.

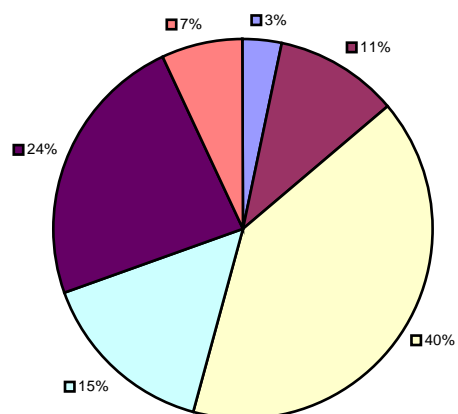
Respecto a la exigencia física y el esfuerzo requerido para completar la tarea, dado el tiempo asignado a la tarea no constituyeron un factor decisivo de carga. Se cree que en tareas habituales o repetitivas y manteniendo las condiciones ambientales, estos factores hubieran tenido valores mayores. La base de esta presunción son las condiciones de iluminación desfavorables y un equipamiento no adecuado ergonómicamente.

Los valores globales de Carga Mental fueron de 63 y 74,63 sobre un máximo de 100. Las principales fuentes de carga fueron el escaso tiempo y el poco rendimiento al realizar la tarea. Nuevamente se plantea la necesidad de convertir estos valores a una escala cualitativa. En el caso de la carga mental, la escala de Cooper – Harper modificada consta de 10 niveles, siendo posible asignar a cada nivel un rango de valores de carga global obtenidos por el NASA TLX. Para ello se necesitarán estudios con muestras estadísticamente significativas.

3.2.4.2 Consideraciones sobre el Estudio Piloto

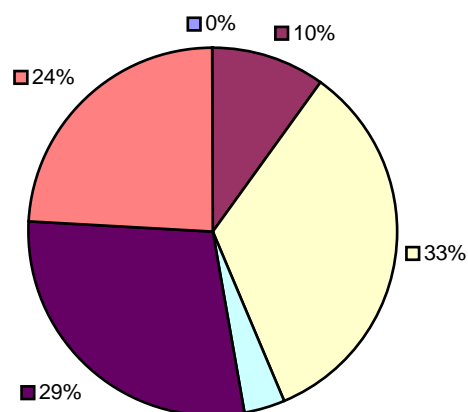
A partir del estudio piloto se evidenció la importancia del entendimiento de las escalas para un buen resultado de los tests. Esto llevó a una nueva redacción de las definiciones de las escalas y a un mayor énfasis en la explicación de los mismos durante la etapa de familiarización y en momentos previos a la realización de las experiencias. Se modificó también el diseño de las escalas en la planilla de puntuación, ya que no todas las personas están familiarizadas con los diferenciales semánticos.

Marc - Componentes Carga Mental Ponderada



Exigencia Mental	Exigencia Física	Exigencia Temporal
Esfuerzo	Rendimiento	Nivel de Frustración

Groucho - Componentes Carga Mental Ponderada



Exigencia Mental	Exigencia Física	Exigencia Temporal
Esfuerzo	Rendimiento	Nivel de Frustración

Para responder a las preguntas de investigación planteadas se planeo un estudio de campo en una actividad caracterizada por la fuerte carga mental que impone al trabajador. La actividad elegida es un caso especial de trabajo de oficina con PVD: Desarrollo y Diseño de Software. El método de desarrollo consta de diferentes etapas que pueden representarse como una espiral. Puede verse que cada ciclo de desarrollo comienza en el final del ciclo anterior de manera iterativa. Según el análisis de tareas realizado, el trabajo frente al ordenador es fundamental durante cada una de las etapas.



Uno de los sectores económicos que más ha crecido en nuestro país es el de desarrollo de software. Mendoza se perfila como un polo de desarrollo tecnológico gracias al trabajo realizado por un consorcio de empresas mendocinas junto con la Fundación Promendoza. Acompañan a esta iniciativa una serie de legislaciones tanto a nivel nacional como provincial que buscan dar un marco normativo a esta actividad.¹⁰

Se pretende cuantificar y cualificar la carga mental y confort visual de desarrolladores en una Institución Pública y en dos ambientes diferentes de una empresa de desarrollo privada. Se verificará la correlación entre carga mental y confort visual en situaciones reales de trabajo. Estos resultados se compararan con la normativa vigente.

4.1 Diseño del Estudio

Es un estudio descriptivo y no probabilístico (por la elección intencional de la población). Este estudio propone utilizar de manera sistemática conocimientos ya fundamentados, pero aplicados en situaciones diferentes a los estudios originales. Su aporte fundamentalmente será metodológico, permitiendo la generación y prueba piloto de un nuevo Protocolo de Caracterización de

¹⁰ Nota Suplemento Económico Diario Los Andes Domingo 05/02/2006
<http://www.losandes.com.ar/nota.asp?nrc=298577&nprt=1>

Espacios de Trabajo, y el desarrollo de un nuevo método de evaluación de Confort Visual, con el Método IDV (Índice de Discomfort Visual), que se presenta en esta ocasión para su discusión y validación empírica.

En esta serie de experiencias se aplicaron los métodos TLX e IDV a los mismos sujetos realizando las mismas tareas en dos escenarios diferentes. El primer escenario se denomina escenario de referencia y son las condiciones normales de trabajo del sujeto. En el segundo escenario las condiciones de iluminación se llevaron a niveles mínimos de iluminancia disminuyendo los aportes de luz natural y artificial de manera intencional. El objetivo detrás de esto es ver como varía la carga mental y confort visual que experimentan los sujetos en cada caso.

El criterio de selección de la población se basó en la directiva de la comunidad económica europea (CEE), Real Decreto 488/1997, a falta de normativa nacional vigente:

- Depender del equipo con pantalla de visualización para hacer el trabajo, no pudiendo disponer fácilmente de medios alternativos para conseguir los mismos resultados
- No poder decidir voluntariamente si utiliza o no el equipo para realizar su trabajo
- Necesitar de formación o experiencia específicas en el uso del equipo exigidas por la empresa
- Utilizar los equipos con pantalla de visualización diariamente o casi diariamente durante periodos de una hora o más
- Que la obtención rápida de información por parte del usuario a través de la pantalla constituya un requisito importante del trabajo

4.2 Experiencia 1 CICUNC

4.2.1 Descripción

En esta experiencia realizada en situaciones reales de trabajo se midió el confort visual y la carga mental de trabajadores profesionales en puestos de trabajo en computación, en dos escenarios opuestos desde el punto de vista de la iluminación del espacio. Un escenario 1 con aporte de luz artificial, y aporte de luz natural regulado y un escenario 2 con un mínimo de luz natural y nula iluminación artificial. A partir de los resultados se compararán las condiciones relevadas con las normas y se realizarán vinculaciones entre causas y efectos de carga mental y confort visual e iluminación natural y artificial.

4.2.2 Caracterización de la Población

Para esta experiencia participaron 4 sujetos que se desempeñan como programadores y diseñadores en la sección de informática. Sus tareas incluyen el diseño y mantenimiento de aplicaciones informáticas y del sitio web de la Universidad Nacional de Cuyo. Realizan horario corrido de 9:00 a 18:00 con una pausa para almorzar. Cumplen con los requisitos que marca la normativa tomada como referente y por ello son considerados usuarios de PVD. Su nivel de formación es universitario. La edad promedio de los individuos es de 33,4 años.

4.2.3 Caracterización del Local

El relevamiento fotográfico será de gran ayuda en la descripción del espacio. Se incluye una planta para una mejor visualización del mismo. La dirección de Nuevas Tecnologías es una dependencia del CICUNC, que se ubica en el 5to piso de la torre de esta institución. En este espacio trabajan 5 personas de las cuales 4 colaboraron en la realización de la experiencia. El espacio es una planta rectangular, con una ventana con orientación sur. Los pisos están alfombrados en azul oscuro, las paredes son blancas y el equipamiento varía en su diseño y acabado, pero en el se evidencia la reutilización no programada de espacios y de recursos, con debido a la variedad de tipologías de puestos observadas.

Para una mejor diferenciación los puestos fueron designados con letras mientras que los sujetos con números:

Puesto A	Director. No participó de la experiencia
Puesto B	Puesto No ocupado.
Puesto C	Sujeto 1
Puesto D	Sujeto 2
Puesto E	Sujeto 3
Puesto F	Sujeto 4

La iluminación artificial consiste en dos series de luminarias embutidas indirectas, con louvers, y entre estas lámparas dicroicas. Los usuarios de este espacio han tenido que desconectar la línea eléctrica de las dicroicas porque el calor que generaban en un techo de poca altura y los reflejos sobre sus pantallas eran intolerables. Se aconseja observar la planta y las imágenes para una mejor comprensión de este espacio.

Los puestos no de trabajo en computación relevados tienen monitores con pantallas de rayos catódicos, sin dispositivos antirreflejo. Los

asientos son de tipo estrella con 5 apoyos, con apoyabrazos y regulación en altura.

4.2.3 Caracterización de la iluminación.

Se incorporan cuadros con las lecturas de iluminancia de cada uno de los escenarios planteados. Debe recordarse que para cada escenario se hizo una evaluación de carga mental y de confort visual. Se calculó la iluminancia media y se consideró el rango entre la iluminancia máxima y la mínima medidas. La luminancia se midió en cada uno de los puestos considerándose el valor promedio de 5 lecturas en cada pantalla, en cada extremo y en el centro, y su diferencia con el entorno inmediato, a partir de 4 mediciones de la luminancia de fondo. Los siguientes gráficos muestran los datos obtenidos para los ambientes:

Escenario 1: Luz artificial + Luz natural regulada

Escenario 2: Mínima luz natural + Nula iluminación artificial.

4.2.4 Método

Una vez hechos los contactos pertinentes y lograda la autorización para realizar la experiencia se presentó el trabajo a los operadores y se realizó un primer relevamiento físico y fotográfico. Mediante entrevistas no estructuradas se recabó información pertinente sobre los operadores y sus actividades diarias. En esta ocasión se explicaron los métodos NASA TLX e IDV a los sujetos y se entregaron las planillas para un primer etapa de familiarización.

Tres días después, en fecha 19 de diciembre a las 11:30 hs se comenzó con la experiencia. Una vez repasadas las características de los métodos de evaluación subjetiva se acondicionó el espacio según las características pertinentes a cada ambiente se realizaron las mediciones fotométricas de acuerdo al protocolo y se dejó a los trabajadores realizar sus actividades cotidianas en esas condiciones de iluminación durante 20 minutos. Una vez cumplido el lapso, los sujetos realizaron las evaluaciones de carga mental y confort visual para esas condiciones específicas.

La experiencia se repitió en otro escenario, con otras condiciones de iluminación 5 días después.

4.2.5 Resultados

La información obtenida continúa siendo procesada al momento de entrega de este informe, cuyo principal aporte es metodológico a través de la generación del PROTOCOLO DE CARACTERIZACIÓN DE ESPACIOS DE TRABAJO, y la formulación del nuevo MÉTODO IDV (Índice de Discomfort Visual). Las experiencias realizadas aún con el análisis de información actual permiten comenzar a analizar las virtudes y defectos de este método, pero para llegar a conclusiones estadísticamente concluyentes se requiere de estudios probabilísticos, y de mayor tiempo de investigación para validar este método. Los datos recogidos no permiten confirmar ninguna de las hipótesis planteadas aunque dan indicios. En una segunda etapa, y gracias a las herramientas metodológicas y la experiencia ganadas se podrá avanzar más en esta dirección.

CICUNC

CICUNC

Ambiente 1

PUNTO	1	2
1	272	330
2	367	323
3	751	456
4	922	468
5	410	500
6	1068	920
7	324	278

Ambiente 2

PUNTO	1	2
1	154	2,8
2	22	2,2
3	247	48,5
4	168	32,4
5	27	16,2
6	5,3	3,5
7	9	2,4

LUMINANCIA MINIMA 272 Lux
 LUMINANCIA MÁXIMA 1068 Lux
 LUMINANCIA PROMEDIO 670 Lux
 LUMINANCIA EXTERIOR

LUMINANCIA MINIMA 2,2 Lux
 LUMINANCIA MAXIMA 247 Lux
 LUMINANCIA PROMEDIO 41,2 Lux

Lecturas de la Grilla de Iluminancia (Lux)

	Puesto C	Puesto D	Puesto E	Puesto F
Lum P1	93,29	81,68	57,67	92,08
Lum P2	61,83	40,01	35,14	54,14
Lum P3	70,73	34,97	43,22	56,53
Lum P4	61,63	65,12	50,35	61,9
Lum P5	74,71	69,04	35,21	52,88
Lum PM	72,438	58,164	44,318	63,506
PROMEDIO	86,2	69,4	52,8	75,8
Lum F1	47,3	27,51	32,4	67,2
Lum F2	52,1	21,46	37,2	47,2
Lum F3	26,7	17,23	29	54,3
Lum F4	28,5	17,45	35,9	34,3
PROMEDIO	38,65	20,9	33,6	50,75

Lecturas de Luminancias en Superficies de Trabajo Cd/ cm²

4.2.3 Resultados TLX

BELATRIX SF QUINCHO

Ambiente 1

PUNTOS	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2265	1031	457		226	128		
2	958	226	370	408	250	408	207	
3	640	294	291	242	265		227	320
4			257	230	218	272	152	472
5	343	172	201	157	192	204	546	490
6	215	125	138					

ILUMINANCIA MINIMA 125 Lux MÁXIMA 2265 Lux MEDIA 377,7 Lux

BELATRIX SF QUINCHO

Ambiente 2

PUNTOS	1	2	3	4	5	6	7	8
1	555	290	252		139	247		
2	198	80	146	148	97	205	125	
3	160	122	110	75	77		68	195
4			83	63	60	68	73	110
5	106	40	62	59	59	59	49	123
6	61	63	46					

ILUMINANCIA MINIMA 40 Lux MÁXIMA 555 Lux MEDIA 124,2 Lux

Imagen 1

Fachada de la Torre del
CICUNC. El espacio relevado se
encuentra en el 5to piso. Cielo
despejado.
Lectura de Iluminancia de
referencia 87353 Lux.



Imagen 2

Puesto de trabajo **A** Tipología
en L con atención al público.
Pertenece al director, que no
participó de la experiencia.
Superficies de melamina negra
mate y simil madera. Sin
aporte directo de luz natural.



Imagen 3

Puesto de trabajo **C**. Mesa de
melamina blanca semimate.
Aquí se desempeña el sujeto
1. Orientación perpendicular a
la ventana. Al fondo a la
izquierda se observa al Puesto
D donde trabaja el sujeto 3.



Imagen 4

Puestos de trabajo **C y D**.
Sobre una mesa en voladizo
con superficie para monitor y
gabinete, melamina semimate
amarilla. Aquí trabajan los
sujetos 3 y 4. Mínimo aporte
de luz natural.



Imagen 5

Características del espacio.
Piso alfombrado, color azul
oscuro, de baja reflectancia.
Obsérvese la mancha de luz
sobre el piso, producto de una
dicroica, resultó la zona
puntual de mayor iluminancia.
Lectura: 1068 Lux.



Imagen 6

Único Ingreso de Luz natural,
superficie 2x1,5 m. Doble
vidriado con persianas
interiores. Orientación Sur.
Enfrentada a la misma hay una
pared de ladrillo de vidrio,
entre ambas, el puesto **C**.



Imagen 7

Otra vista de la ventana, en este caso durante las evaluaciones de confort visual y carga mental en el ambiente sin aporte de luz artificial.

Notese el alto contraste existente, evidencia del escaso aporte de luz natural al espacio.

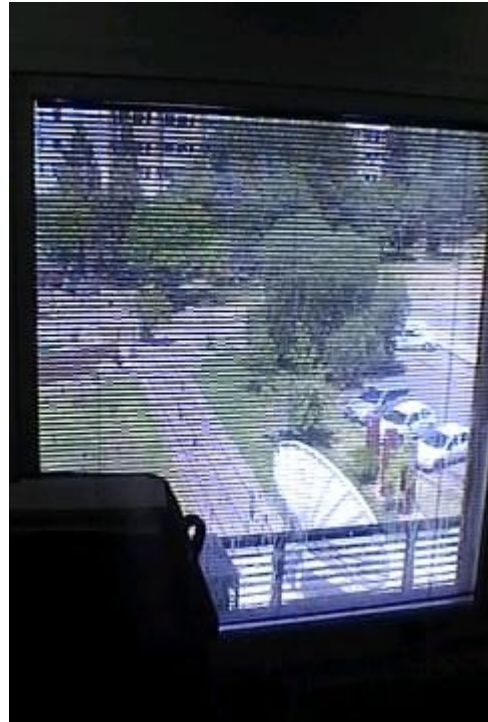


Imagen 8

Pared ventana de vidrio, opuesta a la ventana. Según datos recolectados, fuente de reflejos molestos para el sujeto 2. (Puesto D)



Imagen 9

El ser humano se adapta a entornos desfavorables: entre los puestos **E** y **F** los trabajadores colocaron esta luminaria del tipo filamento incandescente, que provee iluminación indirecta a la parte del espacio menos favorecida por la luz natural.



Imagen 10

Luminarias embutidas, iluminación indirecta, que minimiza los deslumbramientos. Lámparas dicroicas, que han sido desconectadas en su mayoría por los reflejos en pantalla que ocasionaban y por el gran calor generado. El techo se encuentra a 2,10 m, con un cielorraso de placas de PE expandido.



Imagen 10

Luminarias embutidas, encendidas, sin aporte de luz natural, su rendimiento lumínico se consideró bajo.



Imagen 11

Condiciones de iluminación sin aporte de luz artificial. Gran diferencia de iluminancia en una distancia menor al metro y medio, se observa al sujeto 2, (Puesto C) trabajando.

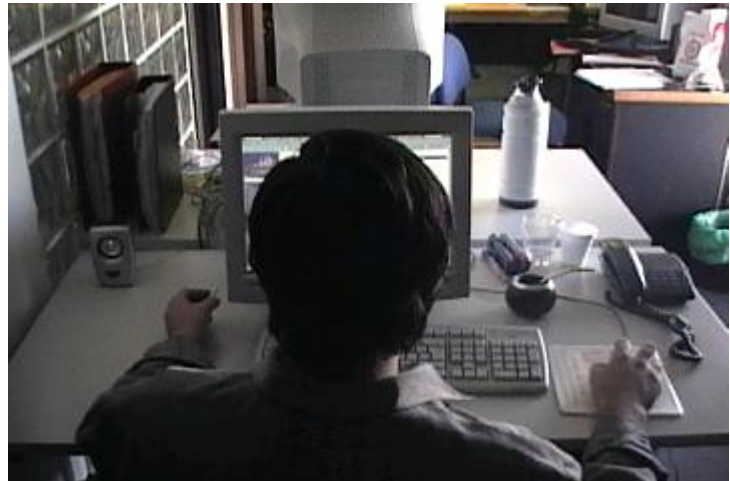


Imagen 12

Sujeto 2 completando la planilla de Ponderación del método IDV en las condiciones ambientales 1 (Luz Natural + Luz Artificial)



Imagen 13

Vista del espacio de trabajo durante las condiciones ambientales 2 (solo luz Natural, al mínimo) Nula iluminancia y gran contraste de luminancias entre pantalla y fondo.



5. BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- ASOCIACIÓN ARGENTINA DE LUMINOTECNIA (2001) *Iluminación. Luz. Visión. Comunicación*. Tomo 1. Argentina.
- BOYCE, Peter, HUNTER, Claudia and HOWLETT, Owen (12th September, 2003) The benefits of Daylight through Windows. Lighting Research Center Rensselaer polytechnic Institute Troy, New York 12180-3352.
- BOWERS, Alex R. (Mayo 2001) *Clinical and Experimental Optometry*. Department of Vision Sciences Glasgow Caledonian University. United Kingdom.
- COLOMBO, Elisa M. y SANTILLAN Javier E. (2005) *Diseño de iluminación y calidad de vida*. Revista Megaluz nº 11; 12; 13.
- CORRÊA, F. (2002) *Carga Mental y Ergonomía*. 148h. Disertación Maestría en Ingeniería de la Producción – programa de posgrado en Ingeniería de la Producción, UFSC, Florianópolis, SC.
- F. de MATIELLO, Maria L. (2005) Situaciones que afectan al confort Visual. Revista Megaluz (Pág. I- VIII)
- HART, S. G, STAVELAND, L. E. (1988). *Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research*. En P. A. Hancock y N. Meshkati (Eds.), Human mental workload. North-Holland, Amsterdam. Pp. 139-183.
- GARCÍA, S (1999) *"Efectos del ambiente físico de trabajo sobre las personas: respuestas psicofisiológicas, subjetivas y de comportamiento"*, INSHT. Madrid
- LEPLAT, J. (1985) *La psicología ergonómica*. Oikos-Tau, Barcelona.
- LILLO JOVER, Julio (2003) *Ergonomía: Evaluación y diseño del entorno visual. Psicología y educación*. Alianza Editorial. España
- MONDELO, Pedro R. y TORADA Enrique G. (1996) *La ergonomía en la ingeniería de sistemas*. Editorial Isdefe-Madrid España.
- Norma ISO 10075 (1991) *Ergonomic principles related to mental workload. General terms and definition*. Geneva, ISO
- PHILIPS, (2003) *Manual de Alumbrado*. Ed. Paraninfo 1983. Madrid.
- TABOADA, J.A. (1983) *Manual de Luminotecnia*. Ed. Dossat s.a. Madrid
- VISME, L. (1998) *Ergonomic Evaluation of Lighting at Work places with CRT Display Terminal*. Brüel & Kjaer Application Notes, Holanda.
- WOODS, D.D., JOHANSEN, L.J., Y OTROS (1994). *Behind human error: Cognitive systems, computers and hindsight*. Columbus, Ohio: CSERIAC.

5.1 Enlaces de Interés

- Fundación de Investigaciones Visuales www.fundvis.org
- Carga Mental y Ergonomía www.users.rdc.puc_rio.br
- FACALU. www.facalu.com
- Lighting Research Center. www.lrc.rpi.edu
- INSHT. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. España.
<http://www.mtas.es/insht/ntp>
- MANUAL NASA TLX. iac.dtic.mil/hsiac/docs/TLX-UserManual.pdf